Ihr Spezialist für
Mess- und Prüfgeräte

MESSBAR MEHR.
dataTec

Agilent Technologies
Authorized Distributor

Benutzerhandbuch

Publikationsnummer 33220-90441
(*als Handbuchsatz 33220-90431 bestellen*)
Ausgabe 4, Mai 2007

Copyright © 2003, 2005, 2007 Agilent Technologies Inc.

Agilent 33220A
20 MHz-Funktions- / Arbiträrsignalgenerator

dataTec GmbH · Ferdinand-Lassalle-Str. 52 · 72770 Reutlingen · Telefon 07121 / 51 50 50 · Telefax 07121 / 51 50 10 · info@datatec.de · www.datatec.de

Agilent 33220A im Überblick

Der Agilent 33220A ist ein hochleistungsfähiger 20 MHz-Synthesizer-Funktionsgenerator, der außer den üblichen Standardsignalformen auch Arbiträrsignale und Pulse erzeugen kann. Das Gerät eignet sich gleichermaßen gut zur Verwendung als autonomes Laborgerät wie für den Systemeinsatz. Es ist dadurch eine vielseitige Testlösung, die Ihre heutigen und zukünftigen Anforderungen abdeckt.

Umfangreiche Funktionsausstattung

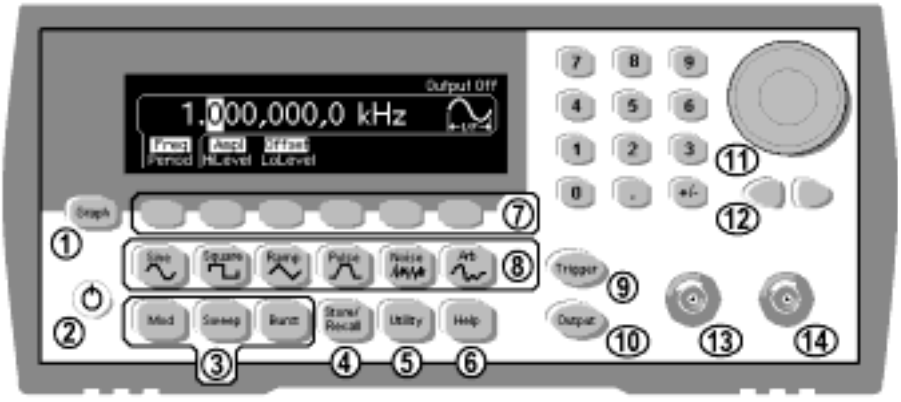
- Zehn Standardsignalformen
- Integrierter Arbiträrsignalgenerator (14 bit, 50 MSa/s)
- Integrierter Pulsgenerator mit programmierbaren Anstiegs-/ Abfallzeiten
- LCD-Display zur Anzeige von numerischen Werten und Signalformen
- Einfache Bedienung über Drehknopf und Zifferntastatur
- Speicherung von Gerätezuständen unter benutzerdefinierten Namen
- Robustes Gehäuse, leicht zu transportieren, rutschhemmende Füße

Einfache Integration in computergesteuerte Testsysteme

- Vier download-fähige Arbiträrsignalspeicher mit jeweils 64 KSa Kapazität
- GPIB- (IEEE-488) Schnittstelle, USB und LAN-Fernsteuerungs-schnittstellen serienmäßig
- Kompatibel zu LXI Klasse C
- Messgerätebefehlssprache SCPI (Standard Commands for Programmable Instruments)

Hinweis: *Dieses Handbuch gilt, falls nicht ausdrücklich anders vermerkt, für Geräte mit beliebiger Seriennummer.*

Überblick über die Frontplatte

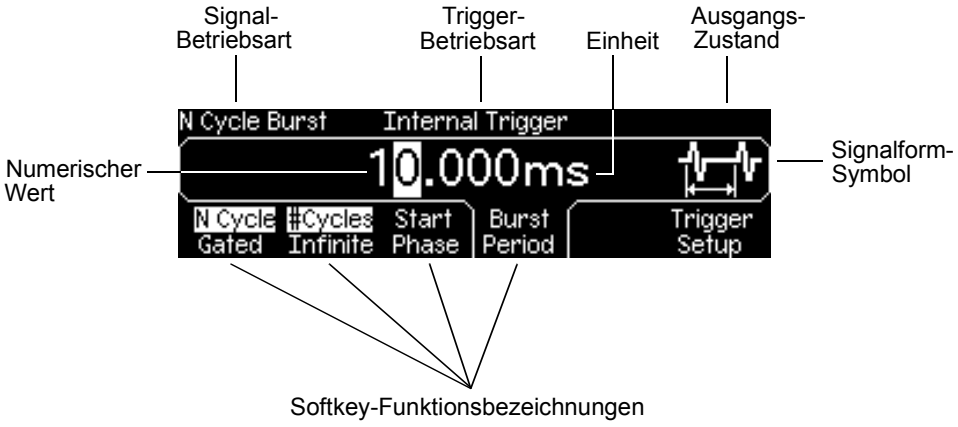


1 „Graph/Local“-Taste
2 Ein-/Ausschalt-Taste
3 „Mod“/„Sweep“/„Burst“-Tasten
4 „Store/Recall“-Taste
5 „Utility“-Taste
6 „Help“-Menütaste
7 Softkeys
8 Signalform-Wahltasten
9 „Trigger“-Taste (*nur für Betriebsarten „Sweep“ und „Burst“*)
10 „Output“-Taste
11 Drehknopf
12 Cursor-Tasten
13 Sync-Anschluss
14 Ausgangsanschluss

Hinweis: *Durch länger anhaltendes Drücken einer Taste können Sie eine kontextsensitive Online-Hilfe aufrufen.*

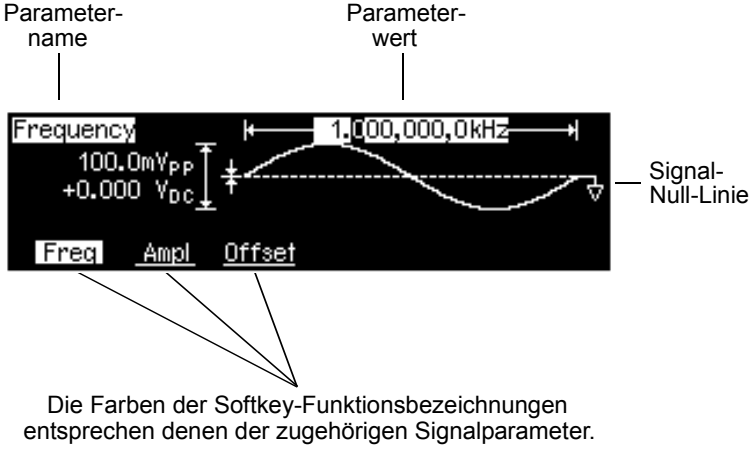
Überblick über das Display

„Menu“-Modus



„Graph“-Modus

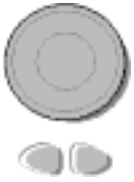
Durch Drücken der Taste Graph *können Sie das Display in den „Graph“-Modus schalten.*



Manuelle Eingabe von Werten

Sie können Werte auf zweierlei Weise eingeben:

Ändern Sie mit Hilfe des Drehknopfs und der Pfeiltasten den aktuellen Wert in der gewünschten Weise ab.

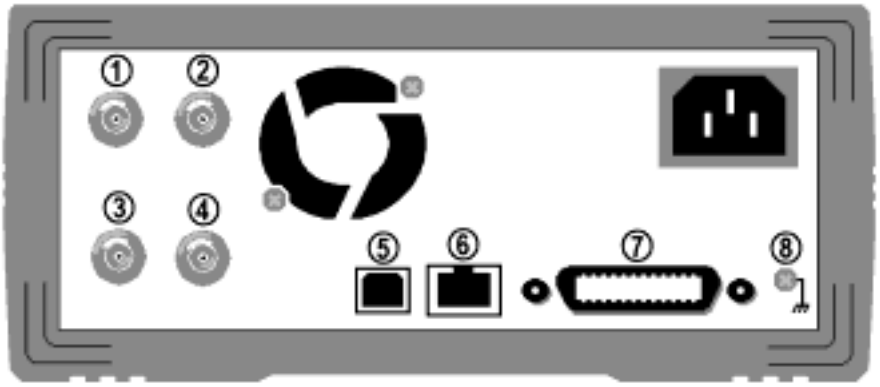


1. Mit den Tasten unterhalb des Drehknopfs können Sie den Cursor nach links oder rechts bewegen.
2. Durch Betätigen des Drehknopf ändern (erhöhen durch Drehen im Uhrzeigersinn) Sie die angezeigte Ziffer.

Geben Sie den gewünschten Wert direkt über die Zifferntastatur und die Maßeinheiten-Softkeys ein.

1. Geben Sie wie bei einem Taschenrechner Zahlenwerte ein.
2. Wählen Sie eine Einheit, um einen Wert einzugeben.

Überblick über die Rückwand



1 Eingang für externes 10 MHz-Referenzsignal (ausschließlich bei Option 001)
2 Ausgang für internes 10 MHz-Referenzsignal (ausschließlich bei Option 001)
3 Eingang für externe Modulation
4 Eingang: Extern-Trigger-Signal / FSK-Modulationssignal / Burst-Torsignal
Ausgang: Triggersignal
5 USB-Schnittstellenanschluss
6 LAN-Schnittstellenanschluss
7 GPIB-Schnittstelle
8 Chassis-Masse

Im Menü Utility können Sie

- die GPIB-Adresse (siehe Kapitel 2) wählen,
- die Netzwerkparameter für die LAN-Schnittstelle (siehe Kapiel 2) einrichten,
- die momentan gültigen Netzwerkparameter (siehe Kapiel 2) anzeigen.

Hinweis: *Der externe und der interne 10-MHz-Referenzanschluss (siehe 1 und 2 in der obigen Abbildung) sind* ***nur dann*** *vorhanden, wenn Option 001, External Timebase Reference (Externe Zeitbasis-Referenz), installiert ist. Andernfalls sind die Buchsen für diese Steckverbinder verschlossen.*

WARNUNG

Um Stromschlaggefahr auszuschließen, darf der Schutzleiter des Netzkabels auf keinen Fall unterbrochen werden. Falls nur eine zweipolige Steckdose verfügbar ist, verbinden Sie den Chassis-Masse-Anschluss des Gerätes (siehe oben) mit einem gut geerdeten Gegenstand.

Inhalt dieses Handbuchs

Inbetriebnahme Kapitel 1 beschreibt, wie der Funktions-/Arbiträr-signalgenerator in Betrieb genommen wird, und macht Sie mit den wichtigsten Gerätefunktionen vertraut.

Inbetriebnahme Kapitel 1 beschreibt, wie der Funktions-/Arbiträr-signalgenerator in Betrieb genommen wird, und macht Sie mit den wichtigsten Gerätefunktionen vertraut.

Softkey-Menüs Kapitel 2 gibt eine Einführung in die Softkey-Menüs und beschreibt einige übergeordnete Gerätefunktionen.

Leistungsmerkmale und Funktionen Kapitel 3 beschreibt detailliert die einzelnen Gerätefunktionen und deren Benutzung. Diese Informationen betreffen sowohl die manuelle Bedienung als auch den Systembetrieb.

Fernsteuerungsschnittstelle – Referenzinformationen Kapitel 4 enthält Referenzinformationen zur Fernsteuerung des Funktions-/ Arbiträrsignalgenerators über eine der Schnittstellen.

Meldungen und Fehlermeldungen Kapitel 5 enthält eine Auflistung der Fehlermeldungen, die während der Arbeit mit dem Funktions-/ Arbiträrsignalgenerator erscheinen können. Zu jeder Fehlermeldung sind Hinweise angegeben, wie Sie das Problem einkreisen und beheben können.

Anwendungsprogramme Kapitel 6 enthält einige exemplarische Anwendungsprogramme zur Fernsteuerung des Gerätes. Diese Beispiele sollen Ihnen bei der Entwicklung eigener Anwendungsprogramme helfen.

Tutorial Kapitel 7 erläutert die Grundlagen der bei diesem Gerät angewandten Signalerzeugungs- und Modulationstechniken.

Spezifikationen Kapitel 8 enthält eine Auflistung der Spezifikationen.

Um die Garantieleistungen, Services oder technische Unterstützung von Agilent Technologies in Anspruch zu nehmen, rufen Sie unter einer der folgenden Telefonnummern an:

In den USA: (800) 829-4444

In Europa: 31 20 547 2111

In Japan: 0120-421-345

Oder kontaktieren Sie Agilent über den folgenden Link:

www.agilent.com/find/assist

Oder kontaktieren Sie unseren Agilent Technologies Mitarbeiter.

Inhaltsverzeichnis

Kapitel 1 Inbetriebnahme

Inbetriebnahme 14
Inbetriebnahme des Funktionsgenerators 15
Einstellen des Tragegriffs/Aufstellbügels 17
Einstellen der Ausgangsfrequenz 18
Einstellen der Ausgangsamplitude 19
Einstellen der DC-Offsetspannung 21
Einstellen der oberen (HiLevel) und unteren Pegel (LoLevel) 22
Wählen von „DC Volts“ (DC-Spannung) 24
Einstellen des Tastverhältnisses (Duty Cycle) eines Rechtecksignals (Square Wave) 25
Konfigurieren eines Pulssignals 26
Darstellen der Signalform 27
Ausgeben eines gespeicherten Arbiträrsignals 28
Benutzung der Online-Hilfe 29
Gestelleinbau des Funktionsgenerators 31

Kapitel 2 Manuelle Bedienung

Manuelle Bedienung 34
Übersicht über die Softkey-Menüs 35
Spezifizieren des Lastwiderstands 38
Zurücksetzen des Funktionsgenerators 39
Ausgabe eines modulierten Signals 40
Ausgabe eines FSK-modulierten Signals 42
Ausgabe eines PWM-Signals 44
Frequenzwobbelung 46
Ausgabe eines Burst-Signals 48
Triggerung einer Wobbelung oder eines Bursts 50
Abspeichern des aktuellen Gerätezustands 51
Konfigurieren der Fernsteuerungsschnittstelle 53

Kapitel 3 Leistungsmerkmale und Funktionen

Leistungsmerkmale und Funktionen 62
Ausgangskonfiguration 64
Pulssignale 80
Amplitudenmodulation (AM) 84
Frequenzmodulation (FM) 89
Phasenmodulation (PM) 94
FSK-Modulation (Frequenzumtastung) 99
Pulsbreitenmodulation (PWM) 103
Frequenzwobbelung 109
Betriebsart „Burst“ 115
Triggerung 123
Arbiträrsignale 129
Übergeordnete Systemfunktionen 136
Konfiguration der Fernsteuerungsschnittstelle 145
Externe Zeitbasisreferenz (Option 001) 155
Überblick über die Kalibrierung 158
Grundeinstellungen 162

Kapitel 4 Fernsteuerungsschnittstelle – Referenzinformationen

Fernsteuerungsschnittstelle – Referenzinformationen 166
Übersicht über die SCPI-Befehle 168
Grundlagen der Programmierung 181
Anwendung des Befehls APPLy 183
Befehle zum Konfigurieren des Ausgangs 191
Puls-Konfigurationsbefehle 204
Befehle zum Konfigurieren der Amplitudenmodulation (AM) 210
Befehle zum Konfigurieren der Frequenzmodulation (FM) 214
Befehle zum Konfigurieren der Phasenmodulation (PM) 219
Befehl zum Konfigurieren der FSK- (Frequency-Shift Keying) Modulation 223
Befehle zum Konfigurieren der Pulsbreitenmodulation (PWM) 226
Befehle zum Konfigurieren der Wobbelbetriebsart 232
Befehle zum Konfigurieren der Burst-Betriebsart 239
Triggerbefehle 247
Arbiträrsignal-Befehle 250
Befehle zum Abspeichern/

Zurückrufen von Gerätezuständen 262
Systembefehle 266
Schnittstellen-Konfigurationsbefehle 272
Phasensynchronisationsbefehle
(Nur Option 001) 278
SCPI-Statussystem 281
Statusregisterbefehle 290
Kalibrierbefehle 294
Einführung in die Befehlssprache SCPI 296
Der Befehl „Device Clear“ 301

Kapitel 5 Meldungen und Fehlermeldungen

Fehlermeldungen 304
Syntaxfehler 306
Ausführungsfehler 309
Geräteabhängige Fehler 324
Abfragefehler 325
Interne Fehler 326
Selbsttest-Fehler 327
Kalibrierungsfehler 329
Arbiträrsignal-Fehler 331

Kapitel 6 Anwendungsprogramme

Anwendungsprogramme 334
Einführung 334
Programmbeispiel 336

Kapitel 7 Tutorial

Tutorial 344
Direkte digitale Synthese 344
Erzeugen von Arbiträrsignalen 348
Erzeugung von Rechtecksignalen 350
Unzulänglichkeiten der erzeugten Signale 352
Einstellung der Ausgangsamplitude 354
Erdschleifen 355
Eigenschaften von AC-Signalen 357
Modulation 359
Frequenzwobbelung 363
Burst 365

Kapitel 8 Spezifikationen

Signale 368
Signalcharakteristiken 368
Allgemeine Charakteristiken 369
Modulation 370
Wobbelung 370
Burst [7] 371
Triggercharakteristiken 371
Programmierzeiten (typisch) 371
Allgemeine Spezifikationen 371
Abmessungen 373

Inbetriebnahme

Inbetriebnahme

Zunächst einmal sollten Sie sich mit der Frontplatte Ihres neuen Funktionsgenerators vertraut machen. Die in diesem Kapitel beschriebenen Übungen zeigen Ihnen, wie das Gerät in Betrieb genommen wird und wie die wichtigsten Bedienungselemente benutzt werden. Dieses Kapitel ist in drei Abschnitte gegliedert:

- Inbetriebnahme des Funktionsgenerators, *Seite 15*
- Einstellen des Tragegriffs/Aufstellbügels, *Seite 17*
- Einstellen der Ausgangsfrequenz, *Seite 18*
- Einstellen der Ausgangsamplitude, *Seite 19*
- Einstellen der DC-Offsetspannung, *Seite 21*
- Einstellen der oberen (HiLevel) und unteren Pegel (LoLevel), *Seite 25*
- Wählen von „DC Volts“ (DC-Spannung), *Seite 26*
- Einstellen des Tastverhältnisses (Duty Cycle) eines Rechtecksignals (Square Wave), *Seite 27*
- Konfigurieren eines Pulssignals, *Seite 26*
- Darstellen der Signalform, *Seite 28*
- Ausgeben eines gespeicherten Arbiträrsignals, *Seite 29*
- Benutzung der Online-Hilfe, *Seite 31*
- Gestelleinbau des Funktionsgenerators, *Seite 31*

Inbetriebnahme des Funktionsgenerators

1 Überprüfen Sie die Lieferung auf Vollständigkeit.

Überprüfen Sie, ob die nachfolgenden aufgelisteten Teile mit dem Gerät geliefert wurden. Falls etwas fehlt, setzen Sie sich bitte mit der nächstgelegen Geschäftsstelle von Agilent Technologies in Verbindung.

- Ein Netzkabel (für das Bestimmungsland)
- Kalibrierzertifikat
- *Agilent 33220A Produktreferenz-CD* (Produktsoftware, Programmierungsbeispiele und Handbücher)
- Agilent Automation-Ready CD (Agilent IO Libraries Suite)
- Ein USB 2.0-Kabel

Hinweis: Sämtliche Produktinformationen für den Agilent 33220A sind auf der *Agilent 33220A Product Reference CD* enthalten, die dem Produkt beiliegt. Sie sind ebenfalls im Internet unter **www.agilent.com/find/33220a** erhältlich. Gedruckte Handbücher (Papierausdruck) sind auf Wunsch gegen ein Entgelt erhältlich.

Netz-schalter

2 Schließen Sie den Funktionsgenerator an das Stromnetz an, und schalten Sie ihn ein.

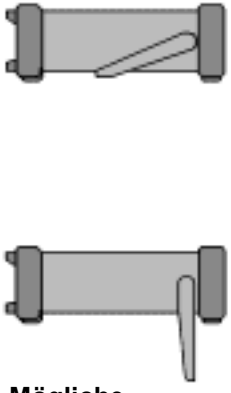
Das Gerät führt beim Einschalten einen kurzen Selbsttest durch, der wenige Sekunden beansprucht. Sobald das Gerät einsatzbereit ist, wird eine Meldung angezeigt, der Sie einen Hinweis zum Aufrufen der Hilfe sowie die GPIB-Adresse und die USB-Kennzeichenfolge entnehmen. Nach dem Einschalten befindet sich das Gerät in der folgenden Einstellung: *Signalform Sinus,* Frequenz 1 kHz, Amplitude 100 mVss (an 50 Ω). Der Signalausgang *Output* ist nach dem Einschalten des Gerätes deaktiviert. Drücken Sie zum Aktivieren des Signalausgangs *Output* die Taste Output.

Wenn das Gerät sich *nicht* einschalten lässt, überprüfen Sie, ob das Netzkabel fest in der Steckdose auf der Geräterückwand sitzt. (Das Gerät stellt sich beim Einschalten automatisch auf die jeweilige Netzspannung ein). Überprüfen Sie außerdem, ob das Gerät an eine spannungsführende Netzsteckdose angeschlossen ist. Überprüfen Sie dann, ob das Gerät eingeschaltet ist.

Falls das Gerät den Selbsttest nicht besteht, wird die Meldung „Self-Test Failed“ zusammen mit einem Fehlercode ausgegeben. Hinweise zu Fehlercodes und Anweisungen, wie Sie das Gerät an Agilent zur Reparatur einschicken können, entnehmen Sie bitte dem *Agilent 33220A Service Guide*.

Einstellen des Tragegriffs/Aufstellbügels

Wenn Sie die Position des Tragegriffs/Aufstellbügels ändern möchten, ziehen Sie die Seitenteile des Griffs nach *außen*. Drehen Sie dann den Griff in die gewünschte Position.



Mögliche Aufstellpositionen

Trageposition

Einstellen der Ausgangsfrequenz

Nach dem Einschalten gibt der Funktionsgenerator ein Sinussignal mit einer Frequenz von 1 kHz und einer Amplitude von 100 mVss (an 50 Ω) aus. *Nachfolgend wird gezeigt, wie Sie die Frequenz auf 1,2 MHz abändern.*

1 Drücken Sie den Softkey „Freq".

Im Display wird die beim Einschalten automatisch gewählte Frequenz bzw. die zuletzt manuell gewählte Frequenz angezeigt. Bei einer Funktionsumschaltung bleibt die Frequenzeinstellung erhalten, sofern der aktuelle Frequenzwert für die neue Funktion zulässig ist. Wenn Sie statt der Frequenz die *Periode* einstellen möchten, drücken Sie nochmals den Softkey **Freq**; dieser hat dann die Funktion **Period** (die jeweils gültige Funktionsbezeichnung ist hell unterlegt).

2 Geben Sie den gewünschten Frequenzwert ein.

Geben Sie über die Zifferntastatur den Wert „1.2" ein.

3 Wählen Sie die gewünschte Maßeinheit.

Drücken Sie den betreffenden Maßeinheit-Softkey. Nach dem Wählen der Maßeinheit gibt der Funktionsgenerator ein Signal mit der angezeigten Frequenz aus (sofern der Ausgang aktiv ist). Drücken Sie in diesem Beispiel den Maßeinheit-Softkey **MHz**.

Hinweis: *Sie können den gewünschten Wert auch mit Hilfe des Drehknopfs und der Pfeiltasten wählen.*

Einstellen der Ausgangsamplitude

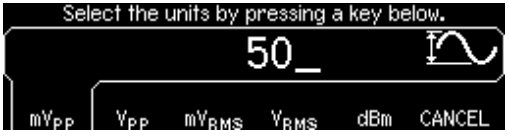
Nach dem Einschalten gibt der Funktionsgenerator ein Sinussignal mit einer Amplitude von 100 mVss (an 50 Ω) aus. *Nachfolgend wird gezeigt, wie Sie die Amplitude auf 50 mVrms abändern.*

1 Drücken Sie den Softkey „Ampl".

Im Display wird die beim Einschalten automatisch gewählte Amplitude bzw. die zuletzt manuell gewählte Amplitude angezeigt. Bei einer Funktionsumschaltung bleibt die Amplitudeneinstellung erhalten, sofern der aktuelle Amplitudenwert für die neue Funktion zulässig ist. Sie können die Amplitude auch durch Einstellen eines *oberen Pegels* und eines *unteren Pegels* vorgeben. Wählen Sie hierzu durch nochmaliges Drücken des Softkeys **Ampl** die Funktion **HiLevel** bzw. **LoLevel** (die jeweils gültige Funktionsbezeichnung ist hell unterlegt).

2 Geben Sie den gewünschten Amplitudenwert ein.

Geben Sie über die Zifferntastatur den Wert „50" ein.



3 Wählen Sie die gewünschte Maßeinheit.

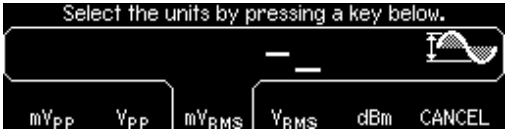
Drücken Sie den betreffenden Maßeinheit-Softkey. Nach dem Wählen der Maßeinheit gibt der Funktionsgenerator ein Signal mit der angezeigten Amplitude aus (sofern der Ausgang aktiv ist). Drücken Sie in diesem Beispiel den Maßeinheit-Softkey **mV_{RMS}**.

Hinweis: *Sie können den gewünschten Wert auch mit Hilfe des Drehknopfs und der Pfeiltasten wählen.*

Sie können die Maßeinheit für den angezeigten Amplitudenwert jederzeit ändern. Nachfolgend wird gezeigt, wie Sie die Amplituden-Maßeinheit von „Vrms“ auf „Vpp“ abändern.

4 Wählen Sie den numerischen Eingabemodus.

Wählen Sie durch Drücken der Taste [+/-] den numerischen Eingabemodus.



5 Wählen Sie die neue Maßeinheit.

Drücken Sie den betreffenden Maßeinheit-Softkey. Der Wert wird jetzt in der neuen Maßeinheit angezeigt. Drücken Sie in diesem Beispiel den Softkey **Vpp**. Statt des Effektivwertes „50 mVrms“ wird jetzt der entsprechende Spitze-Spitze-Wert angezeigt.

Wenn Sie die Amplitude in *Dekadenschritten* ändern möchten, setzen Sie den Cursor durch Drücken der rechten Pfeiltaste auf die Maßeinheit-Anzeige. Stellen Sie dann mit dem Drehknopf die Amplitude in Dekadenschritten auf den gewünschten Wert ein.

Einstellen der DC-Offsetspannung

Nach dem Einschalten gibt der Funktionsgenerator ein Sinussignal mit einer DC-Offsetspannung von 0 V (an 50 Ω) aus. *Nachfolgend wird gezeigt, wie Sie den Offsetwert auf -1.5 mVdc abändern.*

1 Drücken Sie den Softkey „Offset".

Im Display wird die aktuelle Offsetspannung angezeigt. Bei einer Funktionsumschaltung bleibt die Offsetspannung erhalten, sofern diese für die neue Funktion zulässig ist.

2 Geben Sie die gewünschte Offsetspannung ein.

Geben Sie über die Zifferntastatur den Wert „-1.5" ein.

3 Wählen Sie die gewünschte Maßeinheit.

Drücken Sie den betreffenden Maßeinheit-Softkey. Nach dem Wählen der Maßeinheit gibt der Funktionsgenerator ein Signal mit der angezeigten Offsetspannung aus (sofern der Ausgang aktiv ist). Drücken Sie in diesem Beispiel den Softkey **mVDC**.

Hinweis: *Sie können den gewünschten Wert auch mit Hilfe des Drehknopfs und der Pfeiltasten wählen.*

Einstellen der oberen (HiLevel) und unteren Pegel (LoLevel)

Ein Signal können Sie definieren, indem Sie dessen Amplitude und DC-Offsetspannung wie zuvor beschrieben angeben. Eine andere Möglichkeit, die Grenzwerte für ein Signal festzulegen besteht darin, dafür einen HiLevel- und einen LoLevel-Wert (Maximum und Minimum) anzugeben. Diese Vorgehensweise bietet sich für digitale Anwendungen an. Setzen Sie gemäß dem folgenden Beispiel den HiLevel-Wert auf 1.0 V und den LoLevel-Wert auf 0.0 V.

1 Drücken Sie den Softkey „Ampl“, um die Amplitude anzugeben.

2 Drücken Sie den Softkey erneut, um auf „HiLevel“ umzuschalten.

Beachten Sie: Die beiden Softkeys **Ampl** und **Offset** schalten zusammen auf **HiLevel** oder auf **LoLevel**.

3 Stellen Sie nun den „HiLevel“-Wert ein.

Setzen Sie den „HiLevel“-Wert über die numerische Tastatur oder mit dem Drehknopf auf „1.0 V“. (Wenn Sie sich für die Tastatur entscheiden, müssen Sie die Einheit „V“ wählen, um den gewünschten Wert einzugeben.)

4 Drücken Sie den Softkey „LoLevel“ und geben Sie den gewünschten Wert an.

Setzen Sie den „LoLevel“-Wert über die numerische Tastatur oder mit dem Drehknopf auf „0.0 V“.

Die soeben vorgenommenen Einstellungen (HiLevel = „1.0 V“ und LoLevel = „0.0 V“) sind übrigens äquivalent zu den Werten „1.0 Vpp“ für die Amplitude und „500 mVdc“ für den Offset.

Wählen von „DC Volts“ (DC-Spannung)

Die Funktion von „DC Volts“ können Sie über das Menü „Utility“ wählen und eine konstante DC-Spannung anschließend als „Offset“-Wert angeben. Setzen Sie „DC Volts“ = 1.0 Vdc.

1 Drücken Sie (Utility) und wählen Sie anschließend den Softkey DC On.

Der **Offset**-Wert wird markiert.

2 Geben Sie den gewünschte Spannungswert als „Offset“ an.

Stellen Sie über die numerische Tastatur oder mit dem Drehknopf den Wert 1.0 Vdc ein.

Sie können einen beliebigen DC-Spannungswert aus dem Bereich von -5 Vdc bis +5 Vdc angeben.

Einstellen des Tastverhältnisses (Duty Cycle) eines Rechtecksignals (Square Wave)

Beim Einschalten des Gerätes wird das Tastverhältnis für Rechtecksignale automatisch auf 50 % eingestellt. Bei Ausgangsfrequenzen bis zu 10 MHz können Sie ein Tastverhältnis zwischen 20 % und 80 % einstellen. *Nachfolgend wird gezeigt, wie Sie das Tastverhältnis auf 30 % abändern.*

1 Wählen Sie die Signalform „Square“ (Rechteck).

Drücken Sie die Taste Square, und stellen Sie die Ausgangsfrequenz auf einen Wert von bis zu 10 MHz ein.

2 Drücken Sie den Softkey „Duty Cycle“.

Im Display wird das aktuelle Tastverhältnis angezeigt. Das Tastverhältnis ist definiert als das Verhältnis (in Prozent) der Dauer des *HIGH*-Zustands zur Periodendauer (siehe Symbol am rechten Rand des Displays).

3 Geben Sie das gewünschte Tastverhältnis ein.

Geben Sie über die Zifferntastatur oder mit dem Drehknopf ein Tastverhältnis von 30 % ein. Die Änderung wird sofort am Ausgang des Funktionsgenerators wirksam (falls der Ausgang aktiv ist).

Konfigurieren eines Pulssignals

Sie können den Funktionsgenerator für die Ausgabe eines Pulssignals mit vorgegebener Pulsbreite und Flankenzeit konfigurieren. *Nachfolgend wird gezeigt, wie Sie den Funktionsgenerator für die Ausgabe eines 500 ms-Pulses mit einer Pulsbreite von 10 ms und Flankenzeiten von 50 ns konfigurieren.*

1 Wählen Sie die Signalform „Pulse“.

Drücken Sie die Taste [Pulse]. Der Funktionsgenerator gibt daraufhin ein Pulssignal aus; die Pulsparameter entsprechen der Grundeinstellung.

2 Stellen Sie die gewünschte Pulsperiode ein.

Drücken Sie den Softkey **Period**, und stellen Sie die Pulsperiode auf 500 ms ein.

3 Stellen Sie die gewünschte Pulsbreite ein.

Drücken Sie den Softkey **Width**, und stellen Sie die Pulsbreite auf 10 ms ein. Die Pulsbreite ist definiert als das Zeitintervall zwischen dem 50 %-Punkt der positiven Flanke und dem 50 %-Punkt der nächstfolgenden negativen Flanke (siehe Symbol am rechten Rand des Displays).

4 Stellen Sie die Flankenzeit für beide Flanken ein.

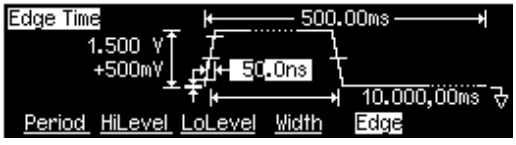
Drücken Sie den Softkey **Edge Time**, und stellen Sie die Flankenzeit für *beide* Flanken (die positive und die negative) auf 50 ns ein. Die Flankenzeit ist definiert als das Zeitintervall zwischen dem 10 %-Punkt und dem 90 %-Punkt der jeweiligen Flanke (siehe Symbol am rechten Rand des Displays).

Darstellen der Signalform

Im *„Graph"-Modus* können Sie eine grafische Darstellung der momentan gültigen Signalparameter anzeigen. Die Softkeys erscheinen in der gleichen Reihenfolge wie im normalen Anzeigemodus und haben ferner dieselben Funktionen. Allerdings wird für jeden der Softkeys jeweils nur ein Parameter (etwa **Freq** oder **Period**) angezeigt.

1 Aktivieren Sie den „Graph"-Modus.

Drücken Sie zum Aktivieren des „Graph"-Modus die Taste Graph. Sowohl der Name des derzeit gewählten in der oberen linken Ecke des Displays angezeigten Parameterswie auch der dem Parameter zugeordnete Zahlenwert sind hervorgehoben.



2 Wählen Sie den gewünschten Parameter.

Zum Auswählen eines bestimmten Parameters orientieren Sie sich an den entsprechenden Softkey-Beschriftungen an unteren Rand des Displays. Den Parameter Periode beispielsweise wählen Sie, indem Sie den Softkey **Period** drücken.

- Wie in der normalen Display-Betriebsart können Sie Zahlenwerte direkt über die Zifferntastatur eingeben oder mit Hilfe des Drehknopfs und der Pfeiltasten verändern.
- Umschalt-Softkeys, die bei Betätigung ihre Funktion wechseln, tun dies auch im „Graph"-Modus. Allerdings wird für jeden der Softkeys jeweils nur ein Parameter (etwa **Freq** oder **Period) angezeigt.**
- Drücken Sie zum Verlassen des „Graph"-Modus nochmals Graph.

Die Taste Graph dient in ihrer Zweitfunktion als Local-Taste zum Umschalten von Fernsteuerung auf manuelle Bedienung.

Ausgeben eines gespeicherten Arbiträrsignals

Fünf verschiedene, unveränderliche Arbiträrsignale sind in einem nichtflüchtigen Speicher abgelegt. *Nachfolgend wird gezeigt, wie Sie den Funktionsgenerator für die Ausgabe der intern gespeicherten Signalform „exponentieller Abfall" konfigurieren.*

> Informationen über das Erstellen benutzerdefinierter Arbiträrsignale finden Sie unter „Definieren und Abspeichern eines Arbiträrsignals" auf Seite 129.

1 Wählen Sie die Signalform „Arbitrary".

Wenn Sie die Taste [Arb] drücken, wird kurz die gewählte Signalform angezeigt (standardmäßig ist dies „exponential rise").

2 Wählen Sie die auszugebende Signalform.

Drücken Sie den Softkey **Select Wform** und dann zum Auswählen einer der fünf internen Arbiträrsignale den Softkey **Built-In**. Drücken Sie anschließend den Softkey **Exp Fall**. Das Signal wird unter Verwendung der aktuellen Frequenz-, Amplitude- und Offset-Einstellungen ausgegeben. Bei Bedarf können Sie diese Einstellungen ändern.

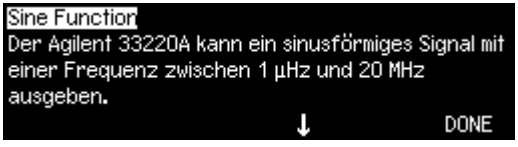
Die gewählte Signalform ist jetzt der Taste [Arb] zugeordnet. Immer, wenn Sie diese Taste drücken, wird diese Signalform ausgegeben. Wenn Sie sehen möchten, welche Arbiträrsignalform gerade gewählt ist, drücken Sie [Arb].

Benutzung der Online-Hilfe

Die Online-Hilfe bietet zu jeder Taste und jedem Softkey kontextsensitive Unterstützung. Alternativ können Sie aus einer Liste ein interessierendes Hilfe-Thema wählen.

1 Rufen Sie die Online-Hilfe zu einer Funktionstaste auf.

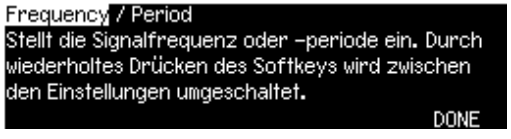
drücken Sie die Taste [Sine], und lassen Sie die Taste gedrückt. Falls der Hilfe-Text so lang ist, dass er nicht vollständig im Display angezeigt werden kann, können Sie den nicht sichtbaren Text mit dem Softkey ↓ oder dem Drehknopf „in das Display holen".


Sine Function
Der Agilent 33220A kann ein sinusförmiges Signal mit einer Frequenz zwischen 1 µHz und 20 MHz ausgeben.
↓
DONE

Drücken Sie zum Verlassen der Online-Hilfe den Softkey **DONE**.

2 Rufen Sie die Online-Hilfe zu einem Softkey auf.

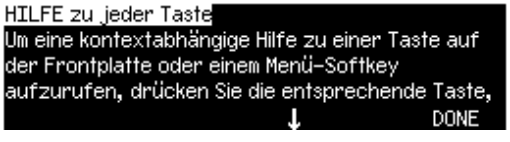
Drücken Sie den Softkey **Freq**, und lassen Sie ihn gedrückt. Falls der Hilfe-Text so lang ist, dass er nicht vollständig im Display angezeigt werden kann, können Sie den nicht sichtbaren Text mit dem Softkey ↓ oder dem Drehknopf „in das Display holen".


Frequency / Period
Stellt die Signalfrequenz oder -periode ein. Durch wiederholtes Drücken des Softkeys wird zwischen den Einstellungen umgeschaltet.
DONE

Drücken Sie zum Verlassen der Online-Hilfe den Softkey **DONE**.

3 Rufen Sie die Liste der Hilfe-Themen auf.

Drücken Sie zum Aufrufen der Liste der Hilfe-Themen die Taste [Help]. Mit dem Softkey ↑ oder ↓ oder mit dem Drehknopf können Sie in der Liste „blättern". Wählen Sie das dritte Thema „*HILFE zu jeder Taste*", und drücken Sie anschließend **SELECT**.

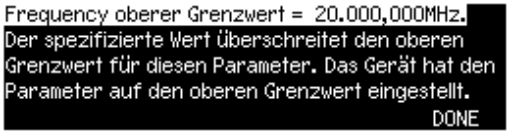

HILFE zu jeder Taste
Um eine kontextabhängige Hilfe zu einer Taste auf der Frontplatte oder einem Menü-Softkey aufzurufen, drücken Sie die entsprechende Taste,
↓
DONE

Drücken Sie zum Verlassen der Online-Hilfe den Softkey **DONE**.

4 Rufen Sie die Hilfe-Information zu angezeigten Meldungen auf.

Wenn ein Grenzwert überschritten oder eine ungültige Einstellung vorgenommen wird, zeigt der Funktionsgenerator eine Fehlermeldung an. Wenn Sie beispielsweise einen Wert eingeben, der das Frequenzlimit für die gewählte Funktion überschreitet, erscheint eine Fehlermeldung. Die Online-Hilfe liefert zusätzliche Informationen über die zuletzt angezeigte Meldung.

Drücken Sie die Taste (Help), wählen Sie das erste Thema „*Zuletzt angezeigte Meldung betrachten*“ und dann **SELECT**.


Frequency oberer Grenzwert = 20.000,000MHz.
Der spezifizierte Wert überschreitet den oberen Grenzwert für diesen Parameter. Das Gerät hat den Parameter auf den oberen Grenzwert eingestellt.
DONE

Drücken Sie **DONE**, um die Online-Hilfe schließen.

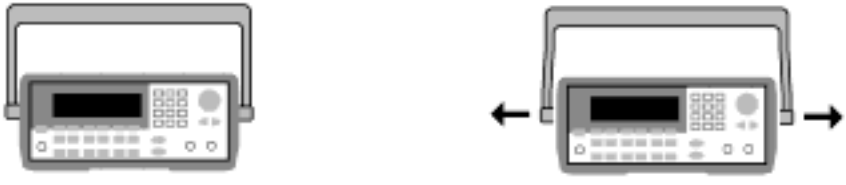
Online-Hilfe in Ihrer Landessprache: Die Online-Hilfe ist in mehreren Sprachen verfügbar. Alle Meldungen, die kontextsensitiven Hilfe-Texte und die Hilfe-Themen werden in der jeweils gewählten Sprache angezeigt. Die Softkey-Funktionsbezeichnungen und Statuszeilen-Meldungen sind nicht übersetzt.

Drücken Sie zum Wählen Ihrer Landessprache die Taste (Utility) und dann nacheinander die Softkeys **System** und **Help In**. Wählen Sie die gewünschte Sprache.

Gestelleinbau des Funktionsgenerators

Sie können den Agilent 33220A in ein 19-Zoll-Normgestell einbauen. Hierfür benötigen Sie einen optionalen Gestelleinbausatz. Es stehen zwei solcher Einbausätze zur Auswahl. Die Gestelleinbausätze enthalten alle erforderlichen Kleinteile und eine ausführliche Einbauanleitung. Neben einem Agilent 33220A können Sie noch ein beliebiges weiteres Agilent *System II*-Gerät gleicher Größe einbauen.

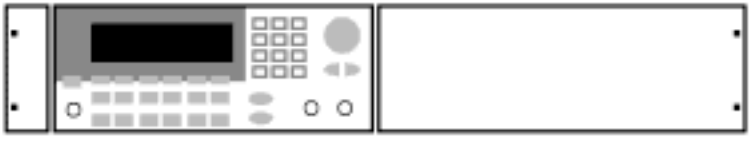
Hinweis: *Entfernen Sie den Griff sowie die Gummistoßdämpfer auf der Vorder- und Rückseite, bevor Sie das Gerät in ein Gestell einbauen.*



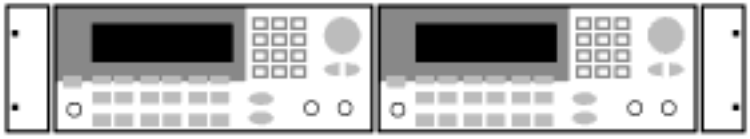
Um den Griff zu entfernen, müssen Sie ihn in die aufrechte Position bringen und die Enden nach außen ziehen.

Vorne Hinten (von unten betrachtet)

Zum Entfernen eines Stoßdämpfers müssen Sie diesen an einer Ecke anziehen und dann vom Gehäuse abziehen.



Zum Gestelleinbau eines einzelnen Gerätes benötigen Sie das Adapter-Kit 5063-9240.



Zum Einbau von zwei Geräten nebeneinander benötigen Sie den Verbindungssatz 5061-9694 und den Flanscheinbausatz 5063-9212. Die Laufschienen im Gestell müssen benutzt werden.

Zur Vermeidung von Überhitzung darf der Luftstrom durch das Gerät nicht behindert werden. Lassen Sie hinter, neben und unter dem Gerät so viel Platz, dass eine ausreichende Kühlung gewährleistet ist.

Manuelle Bedienung

Manuelle Bedienung

Dieses Kapitel gibt eine Einführung in die (Fest-) Funktionstasten und Softkey-Menüs. Es enthält keine ausführlichen Beschreibungen der einzelnen Tasten oder Menüs, sondern stellt lediglich die zugrunde liegenden Konzepte vor. Detaillierte Informationen über die verschiedenen Gerätefunktionen und deren Benutzung finden Sie in Kapitel 3 „Leistungsmerkmale und Funktionen“, das auf Seite 62 anfängt.

2

- Übersicht über die Softkey-Menüs, *Seite 35*
- Spezifizieren des Lastwiderstands, *Seite 38*
- Zurücksetzen des Funktionsgenerators, *Seite 39*
- Ausgabe eines modulierten Signals, *Seite 40*
- Ausgabe eines FSK-modulierten Signals, *Seite 42*
- Ausgabe eines PWM-Signals, *Seite 46*
- Frequenzwobbelung, *Seite 46*
- Ausgabe eines Burst-Signals, *Seite 48*
- Triggerung einer Wobbelung oder eines Bursts, *Seite 50*
- Abspeichern des aktuellen Gerätezustands, *Seite 51*
- Konfigurieren der Fernsteuerungsschnittstelle, *Seite 53*

Übersicht über die Softkey-Menüs

Dieser Abschnitt gibt eine Übersicht über die Softkey-Menüs. Der restliche Teil dieses Kapitels enthält Beispiele für die Anwendung dieser Menüs.

Mod **Konfigurieren der Modulationsparameter für AM, FM, PM, FSK und PWM.**

- Wahl des gewünschten Modulationstyps.
- Wahl zwischen interner oder externer Modulationsquelle.
- Für AM: Vorgabe des Modulationsgrades, der Modulationsfrequenz und der Modulationssignalform.
- Für FM: Vorgabe des Frequenzhubs, der Modulationsfrequenz und der Modulationssignalform.
- Für AM: Vorgabe des Phasenhubs, der Modulationsfrequenz und der Modulationssignalform.
- Für FSK: Vorgabe der FSK-„Hop“-Frequenz und FSK-Umtastrate.
- Für PWM: Vorgabe der PWM-Abweichung, der Modulationsfrequenz und der Modulationssignalform.

Sweep **Konfigurieren der Parameter für Frequenzwobbelung.**

- Wahl zwischen linearer oder logarithmischer Wobbelung.
- Wahl der Start-/Stop-Frequenzen oder der Mittenfrequenz/Wobbelbandbreite.
- Wahl der Wobbelzeit (in Sekunden).
- Spezifizieren einer Markenfrequenz.
- Wahl einer interner oder externen Triggerquelle für die Wobbelung.
- Für externe Triggerquelle: Wahl der Triggerflanke (positive oder negative Flanke).
- Wahl der Flanke (positive oder negative Flanke) für das Signal „Trig Out“.

2

Burst **Konfigurieren der Burst-Parameter.**
• Wahl der Burst-Betriebsart: „N Cycle“ (getriggert) oder „externally-gated“ (torgesteuert). • Wahl der Anzahl der Zyklen pro Burst (1 bis 50,000, oder unendlich). • Wahl der Start-Phase des Bursts (-360° bis +360°). • Spezifizieren des Zeitintervalls zwischen dem Anfang eines Bursts und dem Anfang des nächsten Bursts. • Wahl einer internen oder externen Triggerquelle für den Burst. • Für externe Triggerquelle: Wahl der Triggerflanke (positive oder negative Flanke). • Wahl der Flanke (positive oder negative Flanke) für das Signal „Trig Out“.

Store/ Recall **Speichern und Zurückladen von Einstellungen.**
• Nichtflüchtiges Abspeichern von bis zu vier Einstellungen. • Benennen der gespeicherten Einstellungen mit benutzerdefinierten Namen. • Zurückladen gespeicherter Einstellungen. • Zurücksetzen aller Einstellungen auf die Standardwerte. • Wahl des „Einschalt-Zustands“ (d. h. des Zustands, in dem sich das Gerät nach dem Einschalten befindet): „last“ (wie vor dem Ausschalten) der „factory default“ (Grundeinstellung).

Utility **Konfigurieren von Systemparametern.**

- Ausgabe einer Gleichspannung.
- Aktivieren/Deaktivieren des über den Anschluss „Sync“ ausgegebenen Synchronisationsignals.
- Spezifizieren des Lastwiderstands (1 Ω bis 10 kΩ, oder unendlich).
- Aktivieren/Deaktivieren der automatischen Amplitudenbereichswahl.
- Wahl der Signalpolarität (normal oder invertiert).
- Wahl der GPIB-Adresse.
- Spezifizieren der LAN-Konfiguration (IP-Adresse und Netzwerkkonfiguration).
- Wahl zwischen Dezimalpunkt oder Dezimalkomma (für die Anzeige numerischer Werte im Display).
- Wahl der Sprache für Meldungen und Hilfe-Texte.
- Aktivieren/Deaktivieren des Signaltons bei Fehlermeldungen.
- Aktivieren/Deaktivieren des Display-Hintergrundbeleuchtungsschoners.
- Einstellen des Display-Kontrasts.
- Durchführen eines Selbsttests.
- Aktivieren/Deaktivieren des Kalibrierschutzes.
- Abfrage der Firmware-Versionscodes.

Help **Abrufen der Liste der Hilfe-Themen.**

- Abrufen der zuletzt angezeigten Meldung.
- Abrufen der Fernsteuerungs-Fehlerwarteschlange.
- Abrufen der kontextsensitiven Hilfe für eine bestimmte Taste.
- Wie wird das Gerät für die Ausgabe einer reinen Gleichspannung konfiguriert?
- Wie wird ein moduliertes Signal generiert?
- Wie wird ein Arbiträrsignal definiert?
- Wie wird das Gerät in die Grundeinstellung gebracht?
- Wie stellt man ein Signal im „Graph“-Modus dar?
- Wie synchronisiert man mehrere Geräte miteinander?
- Wie erhält man technische Unterstützung?

2

Spezifizieren des Lastwiderstands

Der Anschluss *Output* hat eine unveränderliche Ausgangsimpedanz von 50 Ohm. Die im Display angezeigten Amplituden- und Offsetwerte gelten normalerweise für einen Lastwiderstand von 50 Ohm. Falls der Lastwiderstand von diesem Sollwert abweicht, müssen Sie dies dem Funktionsgenerator „mitteilen“, da sonst falsche Amplituden- und Offsetwerte angezeigt werden. Der von Ihnen eingegebene Lastwiderstandswert dient lediglich zur rechnerischen Korrektur der Amplituden- und Offsetwerte und hat keine Auswirkungen auf die Ausgangsimpedanz des Funktionsgenerators.

1 Drücken Sie (Utility).

2 Rufen Sie das Menü zur Vorgabe der Ausgangsimpedanz auf.

Drücken Sie nacheinander die Softkeys **Output Setup** und **Load**.

3 Spezifizieren Sie den Lastwiderstand.

Geben Sie mit dem Drehknopf oder über die Zifferntastatur den Lastwiderstand ein, oder wählen durch nochmaliges Drücken des Softkeys **Load** den Wert „High Z“ (hochohmiger Abschluss).

Zurücksetzen des Funktionsgenerators

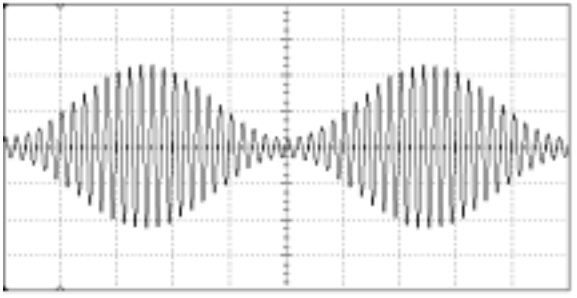
Wenn Sie den Funktionsgenerator in die Grundeinstellung (Reset) bringen möchten, drücken Sie Store/Recall und anschließend den Softkey **Set to Defaults**. Bestätigen Sie den Vorgang durch Drücken des Softkeys **YES**.

Eine vollständige Liste der Reset-Werte finden Sie unter *„Agilent 33220A: Grundeinstellungen“* auf Seite 163.

2

Ausgabe eines modulierten Signals

Ein moduliertes Signal besteht aus einem *Trägersignal mit einem aufgeprägten Modulationssignal*. Bei Amplitudenmodulation (AM) wird die Amplitude des Trägersignals durch momentane Spannung des Modulationssignals verändert. In diesem Beispiel wird ein AM-Signal mit einem Modulationsgrad von 80 % ausgegeben. Das Trägersignal ist ein Sinussignal mit einer Frequenz von 5 kHz und das Modulationssignal ein Sinussignal mit einer Frequenz von 200 Hz.



1 Wählen Sie die Signalform, Frequenz und Amplitude des Trägersignals.

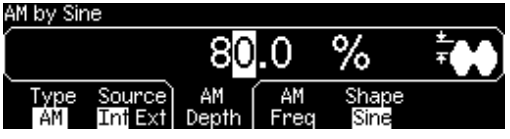
Drücken Sie (Sine) und dann nacheinander die Softkeys **Freq**, **Ampl** und **Offset**, und wählen Sie die gewünschten Signalparameter. *Wählen Sie in diesem Beispiel die Signalform Sinus, eine Frequenz von 5 kHz und eine Amplitude von 5 Vpp.*

2 Wählen Sie den Modulationstyp AM.

Drücken Sie (Mod) und anschließend mit dem Softkey **Type** den Modulationstyp „AM“. Beachten Sie die Statusmeldung „AM by Sine“ in der oberen linken Ecke des Displays.

3 Wählen Sie den Modulationsgrad.

Drücken Sie den Softkey **AM Depth**, und geben Sie mit dem Drehknopf oder über die Zifferntastatur den Wert 80 % ein.



4 Wählen Sie die Modulationsfrequenz.

Drücken Sie den Softkey **AM Freq**, und geben Sie mit dem Drehknopf oder über die Zifferntastatur den Wert 200 Hz ein.

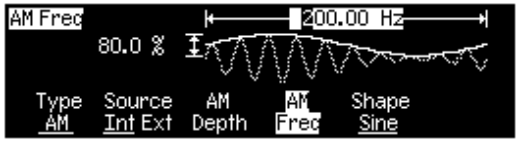
5 Wählen Sie die Modulationssignalform.

Wählen Sie mit dem Softkey **Shape** die gewählte Modulationssignalform. Wählen Sie in diesem Fall die Signalform „Sine“.

Der Funktionsgenerator gibt jetzt ein amplitudenmoduliertes Signal mit den spezifizierten Modulationsparametern aus (sofern der Ausgang aktiv ist).

6 Grafische Signaldarstellung.

Drücken Sie Graph, um eine grafische Darstellung der Signalparameter zu erhalten.

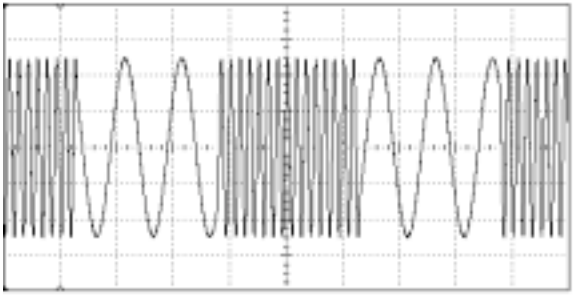


Drücken Sie zum Abschalten des „Graph“-Modus nochmals Graph.

2

Ausgabe eines FSK-modulierten Signals

In der Betriebsart FSK (Frequency Shift Keying, Frequenzumtastung) wird die Ausgangsfrequenz in Abhängigkeit von einem internen oder externen Modulationssignal zwischen zwei vorgegebenen Werten umgeschaltet. Die beiden Frequenzen werden als „Trägerfrequenz“ bzw. als „Hop-Frequenz“ bezeichnet. Die Frequenzumschaltrate wird durch die Frequenz des internen Modulationssignals bzw. des Signals am Eingang *Trig In* bestimmt. *In diesem Beispiel wird die Trägerfrequenz auf 3 kHz, die „Hop“-Frequenz auf 500 Hz und die FSK-Rate auf 100 Hz eingestellt.*



1 Wählen Sie die Signalform, Frequenz und Amplitude des Trägersignals.

Drücken Sie [Sine] und dann nacheinander die Softkeys **Freq**, **Ampl** und **Offset**, und wählen Sie die gewünschten Signalparameter. *Wählen Sie in diesem Beispiel die Signalform Sinus, eine Frequenz von 3 kHz und eine Amplitude von 5 Vpp.*

2 Wählen Sie den Modulationstyp FSK.

Drücken Sie [Mod] und anschließend mit dem Softkey **Type** den Modulationstyp „FSK“. Beachten Sie die Statusmeldung „FSK“ in der oberen linken Ecke des Displays.

3 Spezifizieren Sie die „Hop"-Frequenz.

Drücken Sie den Softkey **Hop Freq**, und geben Sie mit dem Drehknopf oder über die Zifferntastatur den Wert 500 Hz ein.

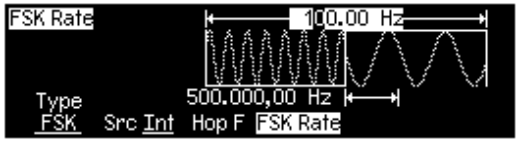
4 Spezifizieren Sie die FSK-Rate.

Drücken Sie den Softkey **FSK Rate** und setzen Sie diese anschließend über die numerische Tastatur oder mit dem Drehknopf und den Cursor-Tasten auf den Wert 100 Hz.

An dieser Stelle gibt der Funktionsgenerator ein FSK-Signal aus (wenn die Ausgabe aktiviert ist).

5 Grafische Signaldarstellung.

Drücken Sie Graph, um die Signalparameter anzuzeigen.



Um dem „Graph"-Modus auszuschalten, drücken Sie Graph von neuem.

2

Ausgabe eines PWM-Signals

Sie können den Funktionsgenerator so konfigurieren, dass er ein pulsbreitenmoduliertes (pulse width modulated: PWM) Signal ausgibt. Der Agilent 33220A ermöglicht die Pulsbreitenmodulation (PWM) für Pulsträgersignale. PWM ist der einzige Modulationstyp, der für Pulssignale verfügbar ist. Bei der PWM wird die Pulsbreite bzw. das Tastverhältnis des Trägersignals entsprechend dem Modulationssignal variiert. Sie können entweder eine Pulsbreite und eine Breitenabweichung oder ein Pulstastverhältnis und eine Tastverhältnisabweichung angeben, wobei die jeweilige Abweichung vom Modulationssignal gesteuert wird.

Im nachfolgenden Beispiel geben Sie die Pulsbreite und Pulsbreitenabweichung für ein Pulssignal von 1 kHz mit einem Sinus-Modulationssignal von 100 Hz an.

1 Wählen Sie die Trägersignalparameter.

Drücken Sie (Pulse) und anschließend die Softkeys **Freq**, **Ampl**, **Offset**, **Width** und **Edge Time**, um das Trägersignal zu konfigurieren. In diesem Beispiel wählen Sie ein Pulssignal von 1 kHz mit der Amplitude 1 Vpp, dem Offsetwert Null, einer Pulsbreite von 100 µs und einer Flankenzeit von 50 ns.

2 Wählen Sie PWM.

Drücken Sie (Mod) (PWM ist der einzige für **Pulse** verfügbare Modulationstyp). Beachten Sie: Links oben auf dem Display wird die Statusmeldung „PWM by Sine“ angezeigt.

3 Stellen Sie die Pulsbreitenabweichung ein.

Drücken Sie den Softkey **Width Dev** und stellen Sie über die numerische Tastatur oder mit dem Drehknopf und den Cursor-Tasten den Wert 20 µs ein.

4 Stellen Sie die Modulationsfrequenz ein.

Drücken Sie den Softkey **PWM Freq** und geben Sie mit dem Drehknopf und den Cursor-Tasten oder über die Zifferntastatur den Wert 5 Hz ein.

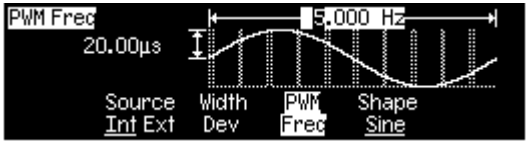
5 Wählen Sie die Modulationssignalform.

Drücken Sie den Softkey **Shape**, um die Form des Modulationssignals auszuwählen. Wählen Sie in diesem Fall die Signalform „Sine“.

Der Funktionsgenerator gibt jetzt ein PWM-Signal mit den vorgegebenen Modulationsparametern aus (sofern der Ausgang aktiv ist).

6 Grafische Darstellung der Signalparameter.

Drücken Sie Graph, um das Signal und die Parameter anzuzeigen.



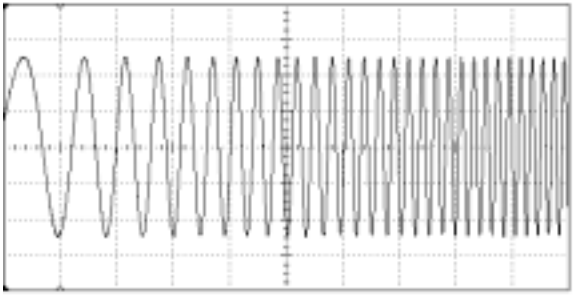
Drücken Sie zum Abschalten des „Graph“-Modus nochmals Graph.

Wenn Sie allerdings die tatsächliche PWM-Signalform sehen möchten, müssen Sie sie an einem Oszilloskop ausgeben. Aus dem Oszillogramm ist ersichtlich, wie die Pulsbreite variiert; in diesem Fall zwischen den Werten 80 und 120 µs. Bei einer Modulationsfrequenz von 5 Hz ist die Abweichung deutlich zu erkennen.

2

Frequenzwobbelung

In der Betriebsart „frequency sweep“ (Frequenzwobbelung) wird die Ausgangsfrequenz schrittweise mit einer vorgegebenen *Wobbelrate* von einer vorgegebenen *Start-Frequenz* bis zu einer vorgegebenen *Stop-Frequenz* verändert. Sowohl die Richtung der Wobbelung (aufwärts oder abwärts) als auch deren Zeitverlauf (linear oder logarithmisch) ist wählbar. *In diesem Beispiel wird die Frequenz von 50 Hz bis 5 kHz gewobbelt. Die übrigen Parameter (Wobbeltriggerquelle intern, Wobbelcharakteristik linear, Wobbelzeit 1 s) werden gegenüber der Grundeinstellung nicht verändert.*



1 Wählen Sie die Signalform und die Amplitude des gewobbelten Signals.

Die Signalformen Sinus, Rechteck, Sägezahn und Arbiträr können gewobbelt werden, nicht jedoch die Signalformen Puls, Rauschen und DC. *Wählen Sie in diesem Beispiel die Signalform Sinus und eine Amplitude von 5 Vpp.*

2 Wählen Sie die Wobbelbetriebsart.

Drücken Sie Sweep und vergewissern Sie sich, dass die Wobbelcharakteristik „linear“ gewählt ist. Beachten Sie die Statusmeldung „Linear Sweep“ in der oberen linken Ecke des Displays.

3 Stellen Sie die Start-Frequenz ein.

Drücken Sie den Softkey **Start**, und geben Sie mit dem Drehknopf und den Cursor-Tasten oder über die Zifferntastatur den Wert 50 Hz ein.

4 Stellen Sie die Stop-Frequenz ein.

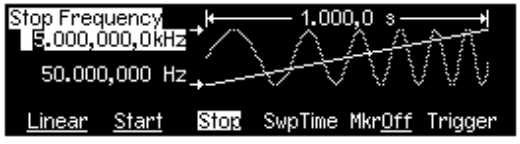
Drücken Sie den Softkey **Stop**, und geben Sie mit dem Drehknopf und den Cursor-Tasten oder über die Zifferntastatur den Wert 5 kHz ein.

Der Funktionsgenerator gibt jetzt ein kontinuierlich von 50 Hz bis 5 kHz gewobbeltes Signal aus (sofern der Ausgang aktiv ist).

Hinweis: Wenn Sie möchten, können Sie die Frequenzgrenzen für die Wobbelung auch durch Vorgabe der *Mittenfrequenz* und der *Wobbelbandbreite* spezifizieren. Diese Parameter stehen in direktem Zusammenhang mit den Start- und Stop-Frequenzen. Im vorliegenden Beispiel müssen Sie die Mittenfrequenz auf 2.525 kHz und die Wobbelbandbreite auf 4.950 kHz einstellen, um den gleichen Wobbelbereich zu erhalten.

5 Grafische Signaldarstellung.

Drücken Sie (Graph), um eine grafische Darstellung der Signalparameter zu erhalten.



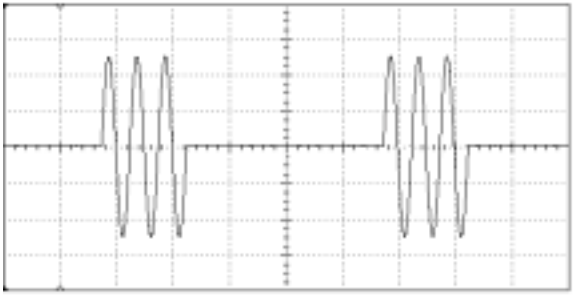
Drücken Sie zum Abschalten des „Graph"-Modus nochmals (Graph).

> Durch Drücken der Taste (Trigger) können Sie einen einzelnen Wobbelzyklus auslösen. Weitere Informationen siehe unter „Triggerung einer Wobbelung oder eines Bursts" auf Seite 50.

2

Ausgabe eines Burst-Signals

Sie können den Funktionsgenerator so konfigurieren, dass er einen *Burst*, d. h. eine bestimmte Anzahl von Impulsen ausgibt. Die Pulswiederholrate wird entweder von dem internen Wiederholratengenerator oder von dem Signal am rückseitigen Eingang *Trig In* bestimmt. *In diesem Beispiel wird ein Sinus-Burst mit einer Länge von drei Zyklen und einer Burst-Periode von 20 ms ausgegeben. Für die übrigen Parameter werden die Standardwerte beibehalten: Burst-Quelle intern, Start-Phase 0 Grad.*



1 Wählen Sie die Signalform und die Amplitude des Burst-Signals.

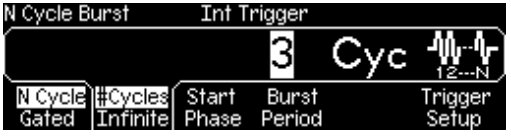
Für Burst-Signale sind die Signalformen Sinus, Rechteck, Sägezahn, Puls oder Arbiträr verfügbar. (Rauschen ist nur in der torgesteuerten Burst-Betriebsart verfügbar; DC ist nicht verfügbar). *Wählen Sie in diesem Beispiel die Signalform Sinus und eine Amplitude von 5 Vpp.*

2 Wählen Sie die Burst-Betriebsart.

Drücken Sie (Burst) und vergewissern Sie sich, dass die Betriebsart „N Cycle“ (intern getriggert) gewählt ist. Beachten Sie die Statusmeldung „N Cycle Burst“ in der oberen linken Ecke des Displays.

3 Spezifizieren Sie die Anzahl der Zyklen.

Drücken Sie den Softkey **#Cycles** und geben Sie mit dem Drehknopf oder über die Zifferntastatur den Wert „3“ ein.



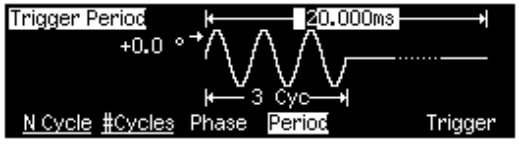
4 Spezifizieren Sie die Burst-Periode.

Drücken Sie den Softkey **Burst Period**, und geben Sie mit dem Drehknopf und den Cursor-Tasten oder über die Zifferntastatur den Wert 20 ms ein. Die Burst-Periode ist das Zeitintervall vom Anfang eines Bursts bis zum Anfang des nächsten Bursts (siehe das im Display dargestellte Symbol).

Der Funktionsgenerator gibt jetzt eine kontinuierliche Folge von Bursts mit je drei Zyklen aus (sofern der Ausgang aktiv ist).

5 Grafische Signaldarstellung.

Drücken Sie (Graph), um eine grafische Darstellung der Signalparameter zu erhalten.



Drücken Sie zum Abschalten des „Graph"-Modus nochmals (Graph).

Durch Drücken der Taste (Trigger) können Sie einen einzelnen Burst (mit der spezifizierten Anzahl von Zyklen) erzeugen. Weitere Informationen siehe unter „Triggerung einer Wobbelung oder eines Bursts" auf Seite 50.

Sie können außerdem mit Hilfe eines externen Torsignals am rückseitigen Eingang *Trig In* das Ausgangssignal ein- oder ausschalten. Weitere Informationen siehe unter „Betriebsart „Burst"" auf Seite 115.

2

Triggerung einer Wobbelung oder eines Bursts

In der manuellen Betriebsart können Sie eine Wobbelung oder einen Burst durch einen *manuellen* oder einen *internen* Trigger auslösen.

- *Interne* oder „automatische" Triggerung ist die Standard-Betriebsart. Bei interner Triggerung gibt der Funktionsgenerator in der Betriebsart „Sweep" oder „Burst" kontinuierlich ein Signal aus.
- Bei *manueller* Triggerung gibt der Funktionsgenerator jedesmal, wenn Sie die Taste (Trigger) drücken, einen Wobbelzyklus bzw. einen Burst aus. Durch mehrmaliges Drücken dieser Taste können Sie mehrere Wobbelzyklen oder Bursts auslösen.
- Die Taste (Trigger) ist in folgenden Fällen ohne Funktion: a) der Funktionsgenerator befindet sich in der ferngesteuerten Betriebsart (was daran zu erkennen ist, dass im Display das Fernsteuerungssymbol angezeigt wird); b) es wurde eine andere Funktion als „Sweep" oder „Burst" gewählt; c) der Ausgang wurde deaktiviert. Wenn der Funktionsgenerator manuell getriggert wird, blinkt die Taste (Trigger) kurz (indem sie vorübergehend erlischt).

Abspeichern des aktuellen Gerätezustands

Sie können den aktuellen Gerätezustand (der die weiter unten beschriebenen Einstellungen umfasst) in eines von vier nichtflüchtigen Registern abspeichern. Beim Ausschalten des Gerätes wird der dann aktuelle Gerätezustand automatisch in ein fünftes Register abgespeichert. Sie können das Gerät so konfigurieren, dass es beim erneuten Einschalten automatisch wieder in diesen Zustand gebracht wird.

1 Wählen Sie das gewünschte Register.

Drücken Sie [Store/Recall] und anschließend den Softkey **Store State**.

2 Geben Sie (falls Sie dies wünschen) dem gewählten Register einen anwendungsbezogenen Namen.

Die Register sind standardmäßig mit „STATE_1“ bis „STATE_4“ bezeichnet. Bei Bedarf können Sie diese Namen ändern.

- Der Name kann bis zu zwölf Zeichen enthalten. Das erste Zeichen muss ein Buchstabe sein, die übrigen Zeichen können Buchstaben, Ziffern oder das Unterstrich-Zeichen („_“) sein.
- Wenn Sie weitere Zeichen hinzufügen möchten, drücken Sie die rechte Pfeiltaste so oft, bis der Cursor sich rechts vom derzeiten Namen befindet, und drehen Sie dann am Drehknopf.
- Durch Drücken der Taste [+/-] können Sie alle Zeichen rechts von der Cursor-Position löschen.

- Ziffern können Sie direkt über die Zifferntastatur eingeben. Um das Unterstrich-Zeichen („_“) einzugeben, drücken Sie die Dezimalpunkt-Taste in der Zifferntastatur.

3 Speichern Sie den Gerätezustand ab.

Drücken Sie den Softkey **STORE STATE**. Daraufhin werden folgende Einstellungen in das gewählte Register abgespeichert: Funktion, Frequenz, Amplitude, DC-Offset, Tastverhältnis, Symmetrie und (gegebenenfalls) Modulationsparameter. Beachten Sie, dass flüchtige Arbiträrsignale *nicht* abgespeichert werden.

Konfigurieren der Fernsteuerungsschnittstelle

Der Agilent 33220A unterstützt den Fernsteuerungsbetrieb mit drei unterschiedlichen Schnittstellen: GPIB, USB und LAN (kompatibel zu LXI Klasse C). Alle drei Schnittstellen werden mit dem Einschalten des Geräts aktiviert. Anhand der folgenden Anleitung können Sie die Fernsteuerungsschnittstelle über die Frontplatte des Geräts konfigurieren.

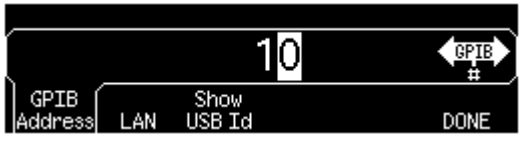
Hinweis: *Die zwei zusammen mit dem Gerät gelieferten CD-ROMs enthalten Konnektivitäts-Software, durch die Kommunikation über diese Schnittstellen erst ermöglicht wird. Weitere Informationen zur Konnektivitäts-Software und den Produkt-CD-ROMs finden Sie unter „Konnektivitäts-Software und Produkt-CD-ROMs“ auf Seite 143.*

GPIB-Konfiguration

Sie müssen lediglich eine GPIB-Adresse auswählen.

1 Wählen Sie das Menü „I/O“.

Drücken Sie (Utility) und anschließend den Softkey **I/O** .



2 Richten Sie die GPIB-Adresse ein.

Wählen Sie mit dem Drehknopf und den Cursor-Tasten oder über die numerische Tastatur eine GPIB-Adresse aus dem Wertebereich 0 bis 30 (die herstellerseitige Standardeinstellung lautet „10“).

Die GPIB-Adresse wird beim Einschalten des Gerät im Display angezeigt.

3 Verlassen Sie das Menü.

Drücken Sie den Softkey **DONE**.

2

USB-Konfiguration

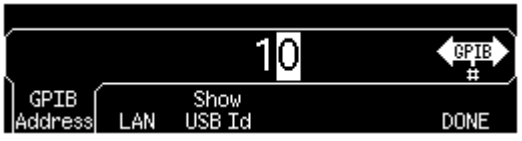
Für die USB-Schnittstelle müssen keine Konfigurationsparameter an der Frontplatte eingestellt werden. Schließen Sie den Agilent 33220A über ein geeignetes USB-Kabel an den PC an. Die Schnittstelle konfiguriert sich anschließend selbst. Drücken Sie im Menü „I/O“ den Softkey **Show USB Id**, um den Identifikationsstring der USB-Schnittstelle anzuzeigen. Unterstützt werden sowohl USB 1.1 als auch USB 2.0.

LAN-Konfiguration

Zum Einrichten der Netzwerkkommunikation über die LAN-Schnittstelle müssen unter Umständen mehrere Parameter festgelegt werden. In erster Linie müssen Sie eine IP-Adresse einrichten. Möglicherweise müssen Sie Ihren Netzwerkadministrator bitten, Ihnen beim Einrichten der Kommunikationsverbindung zur LAN-Schnittstelle zu helfen.

1 Wählen Sie das Menü „I/O“.

Drücken Sie Utility und anschließend den Softkey **I/O** .



2 Wählen Sie das Menü „LAN“.

Drücken Sie den Softkey **LAN** .

Sie können unter **Modify Settings** die LAN-Einstellungen auswählen. Unter **Current Config** können Sie die aktuellen LAN-Einstellungen anzeigen (einschließlich der MAC-Adresse).

Drücken Sie auf **Modify Settings**.

Wählen Sie aus diesem Menü **Reset LAN** für den LAN-Neustart, **IP Setup** für das Einrichten einer IP-Adresse und der entsprechenden Parameter, **DNS Setup** für die DNS-Konfiguration oder **Password**, um ein Passwort für die Webserver-Schnittstelle einzurichten.

Hinweis: Mit dem Drehknopf oder den Cursortasten können Sie ein Passwort einrichten (verwenden Sie die Taste [+/-], um alle Zeichen rechts der Cursorposition zu löschen). Sie werden von der Webserver-Schnittstelle aufgefordert, das Passwort zum Schutz bestimmter Fenster einzugeben. Weitere Informationen finden Sie unter „Web-Schnittstelle des Agilent 33220A“ auf Seite 153.

3 Richten Sie ein Internet-Protokoll ein („IP Setup“).

Um den Agilent 33220A in einem Netzwerk einsetzen zu können, müssen Sie zuerst einen IP-Setup, einschließlich der IP-Adresse, durchführen und möglicherweise zusätzlich eine Subnet Mask und eine Gateway-Adresse einrichten. Drücken Sie den Softkey **IP Setup**. Standardmäßig werden daraufhin die Protokolle **DHCP** und **Auto IP** auf **On** gesetzt.

Mit der Einstellung **DHCP On** wird vom DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) automatisch eine IP-Adresse eingerichtet, wenn Sie den Agilent 33220A an das Netzwerk anbinden, vorausgesetzt, der DHCP-Server wird aufgefunden und ist dazu in der Lage. DHCP richtet, falls erforderlich, auch automatisch die Subnet Mask und die Gateway-Adresse ein. *Dies ist im Allgemeinen der einfachste Weg, eine LAN-Kommunikation für Ihr Gerät einzurichten. Sie brauchen lediglich die Einstellung* **DHCP On** *beizubehalten.*

Falls DHCP nicht in der Lage ist, eine IP-Adresse zuzuordnen, wird dies von Auto IP nach einer Unterbrechung versucht, wobei **Auto IP** auf **On** eingestellt sein muss.

Wenn es jedoch nicht möglich ist, eine Kommunikation mittels DHCP oder Auto IP herzustellen, müssen Sie die IP-Adresse manuell einrichten, sowie ferner eine Subnet-Mask und eine Gateway-Adresse, falls diese verwendet werden. Führen Sie die folgenden Schritte aus:

a. **Richten Sie die IP-Adresse („IP Address“) ein.** Drücken Sie die Softkeys, um **DHCP Off** und **Auto IP Off** zu wählen. Die Softkeys für die manuelle Auswahl und die aktuelle IP-Adresse werden angezeigt:

Welche IP-Adresse zu verwenden ist, erfahren Sie von Ihrem Netzwerkadministrator. Alle IP-Adressen weisen die *Punktnotation* „nnn.nnn.nnn.nnn“ auf, wobei es sich bei „nnn“ jeweils um einen Byte-Wert im Bereich von 0 bis 255 handelt. Eine neue IP-Adresse können Sie über die numerische Tastatur (nicht mit dem Drehknopf)

eingeben. Geben Sie die Ziffern und die Punkt-Trennzeichen einfach über die Tastatur ein. Verwenden Sie die Links-Cursor-Taste als Rücktaste. *Geben Sie keinesfalls führende Nullen ein.* Genauere Angaben hierzu siehe „Weitere Informationen zu IP-Adressen und zur Punkt-Notation“ am Ende dieses Abschnitts.

b. **Richten Sie die „Subnet Mask“ ein.** Die Subnet Mask ist erforderlich, wenn Ihr Netzwerk in Subnetze untergliedert ist. Wenden Sie sich an Ihren Netzwerkadministrator, um zu erfragen, ob eine Subnet Mask erforderlich ist und, falls ja, welche Sie verwenden sollen. Drücken Sie den Softkey **Subnet Mask** und geben Sie die Subnet Mask (über die Tastatur) im IP-Adressformat ein.

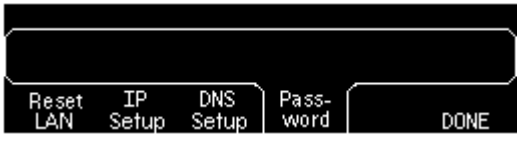
c. **Richten Sie das Standard-Gateway („Default Gateway“) ein.** Bei der Gateway-Adresse handelt es sich um die Adresse eines Gateways (Hardware und/oder Software), das zwei Netzwerke miteinander verbindet. Wenden Sie sich an Ihren Netzwerkadministrator, um zu erfragen, ob ein Gateway in Verwendung ist, und falls ja, welche Adresse dieses hat. Drücken Sie den Softkey **Default Gateway** und geben Sie (über die Tastatur) die Gateway-Adresse im IP-Adressformat ein.

d. **Verlassen Sie das Menü „IP Setup“.** Drücken Sie **DONE**, um zum „Modify Settings“-Menü zurückzukehren.

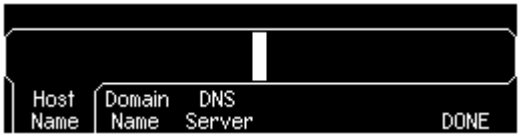
4 Konfigurieren Sie das „DNS Setup“ (optional).

DNS (Domain Name Service) ist ein Internet-Dienst, der die Namen von Domains in IP-Adressen übersetzt. Fragen Sie Ihren Netzwerkadministrator, ob ein DNS in Verwendung ist und, falls ja, welcher Name für den Host, für die Domain und welche Adresse für den DNS-Server Sie verwenden sollen.

Rufen Sie das Menü „Modify Settings“ auf.



Drücken Sie den Softkey **DNS Setup**, um das Feld „Host Name“ anzuzeigen.



a. **Richten Sie den „Host Name“ ein.** Geben Sie den Hostname ein. Beim Hostname handelt es sich um den Host-Anteil des Domain-Namens, der anschließend in eine IP-Adresse übersetzt wird. Der Hostname wird als Zeichenfolge mit dem Drehknopf und den Cursor-Tasten (zum Auswählen und Ändern von Zeichen) eingegeben. Der Hostname kann Buchstaben, Ziffern und Bindestriche („-“) enthalten. Die Tastatur können Sie nur für die numerischen Zeichen verwenden.
Drücken Sie [+/-], um alle Zeichen rechts neben dem Cursor zu löschen.

b. **Richten Sie den „Domain Name“ ein.** Drücken Sie den Softkey **Domain Name** und geben Sie den Namen der Domain ein. Der Domain-Name wird anschließend in eine IP-Adresse übersetzt. Der Domain-Name wird als Zeichenfolge mit dem Drehknopf und den Cursor-Tasten (zum Auswählen und Ändern von Zeichen) eingegeben. Der Domain-Name kann Buchstaben, Ziffern, Bindestriche („-“) und Punkte („.“) enthalten. Die Tastatur können Sie nur für die numerischen Zeichen verwenden.
Drücken Sie [+/-], um alle Zeichen rechts neben dem Cursor zu löschen.

c. **Richten Sie die Adresse des „DNS Server“ ein.** Drücken Sie den Softkey **DNS Server** und geben Sie (über die Tastatur) im IP-Adressformat die Adresse des DNS-Servers ein.

5 Verlassen Sie das Menü.

Drücken Sie jeweils **DONE**, um ein Menü nach dem anderen zu beenden oder drücken Sie (Utility), um das Menü „Utility“ direkt zu verlassen.

Weitere Informationen zu IP-Adressen und zur Punktnotation

Adressen in Punktnotation („nnn.nnn.nnn.nnn“, wobei „nnn“ ein Byte-Wert ist), etwa IP-Adressen, müssen mit besonderer Sorgfalt eingegeben werden. Der Grund hierfür: Die meisten auf einem PC installierten Web-Software-Programme interpretieren Byte-Werte mit führenden Nullen als Oktalzahlen. Folglich entspricht „255.255.020.011“ der Dezimalzahl „255.255.16.9“ (und nicht der Dezimalzahl „255.255.20.11“), da „.020“ ausgedrückt als Oktalzahl als „16“ und „.011“ als „9“ interpretiert wird. Um Missverständnisse auszuschalten, empfiehlt es sich, ausschließlich dezimal ausgedrückte Byte-Werte (von 0 bis 255) ohne führende Nullen zu verwenden.

Der Agilent 33220A geht davon aus, dass alle IP-Adressen sowie sonstigen Adressen mit Punktnotation als dezimale Byte-Werte ausgedrückt werden, und entfernt sämtliche führenden Nullen von diesen Byte-Werten. Wenn Sie also versuchen, in das IP-Adressfeld den Wert „255.255.020.011“ einzugeben, wird daraus der Wert „255.255.20.11“ (einen reinen Dezimalausdruck). Mit exakt dem gleichen Ausdruck, „255.255.20.11“, sollten Sie in der Web-Software Ihres PCs das Gerät adressieren. Verwenden Sie keinesfalls den Ausdruck „255.255.020.011“. Der PC interpretiert diese Adresse aufgrund der führenden Nullen anders als gewünscht.

Leistungsmerkmale und Funktionen

Leistungsmerkmale und Funktionen

In diesem Kapitel werden die Leistungsmerkmale und Funktionen des Funktionsgenerators ausführlich beschrieben. Sowohl die manuelle Bedienung als auch die Bedienung per Fernsteuerung werden erläutert. Informieren Sie sich gegebenenfalls zuerst in Kapitel 2 über die „Manuelle Bedienung“. Kapitel 4 behandelt die „Fernsteuerungsschnittstelle – Referenzinformation“. Dort finden Sie eine ausführliche Beschreibung der Syntax der vom Funktionsgenerator unterstützten SCPI-Befehle. Dieses Kapitel ist in die folgenden Abschnitte gegliedert:

- Ausgangskonfiguration *Seite 64*
- Pulssignale *Seite 80*
- Amplitudenmodulation (AM) *Seite 64*
- Frequenzmodulation (FM) *Seite 80*
- Phasenmodulation (PM) *Seite 84*
- FSK-Modulation (Frequenzumtastung) *Seite 89*
- Pulsbreitenmodulation (PWM) *Seite 99*
- Frequenzwobbelung *Seite 109*
- Betriebsart „Burst“ *Seite 115*
- Triggerung *Seite 123*
- Arbiträrsignale *Seite 129*
- Übergeordnete Systemfunktionen *Seite 136*
- Konfiguration der Fernsteuerungsschnittstelle *Seite 145*
- Externe Zeitbasisreferenz (Option 001) *Seite 155*
- Überblick über die Kalibrierung *Seite 158*
- Grundeinstellungen *Seite 162*

In diesem Handbuch werden alle *„Standard“*-Geräteeinstellungen und Werte angegeben. Es handelt sich hierbei um die Standardeinstellungen beim Einschalten des Geräts, *vorausgesetzt* die Betriebsart Power-down recall wurde nicht aktiviert (siehe „Abspeichern des aktuellen Gerätezustands“ auf Seite 136).

In diesem gesamten Handbuch gelten folgende typographische Konventionen für die SCPI-Befehlssyntax:

- Optionale Schlüsselwörter oder Parameter sind in eckige Klammern (**[ ]**) eingeschlossen.
- Parameter innerhalb eines Befehlsstrings sind in geschweifte Klammern (**{ }**) eingeschlossen.
- Parameter, für die ein Wert spezifiziert werden muss, sind in spitze Klammern (**< >**) eingeschlossen.
- Alternative Parameter sind durch einen senkrechten Strich (**|**) voneinander getrennt.

Ausgangskonfiguration

Dieser Abschnitt beschreibt, wie Sie den Funktionsgenerator für die Ausgabe von Signalen konfigurieren. Einige der nachfolgend beschriebenen Parameter werden Sie vielleicht niemals ändern müssen. Diese Parameter werden dennoch erläutert, damit Sie die Flexibilität des Gerätes bei Bedarf voll ausschöpfen können.

Ausgangsfunktion

Der Funktionsgenerator kann fünf Standardsignalformen (Sinus, Rechteck, Sägezahn, Puls und Rauschen) sowie Gleichspannung erzeugen. Zusätzlich stehen fünf interne Arbiträrsignale zur Auswahl. Darüber hinaus können Sie eigene Arbiträrsignale definieren. Sinus, Rechteck, Sägezahn und Arbiträrsignale können intern AM-, FM-, PM- oder FSK-moduliert werden. Zudem können Pulssignale PWM-moduliert werden. Sinus-, Rechteck-, Sägezahn- und Arbiträrsignale können linear oder logarithmisch gewobbelt werden. Alle Standardsignalformen oder Arbiträrsignale (nicht aber Gleichspannung) können als Burst ausgegeben werden. *Die Standard-Ausgangsfunktion ist „Sine“.*

- Die nachfolgende Tabelle zeigt, welche Ausgangsfunktionen mit Modulation, Wobbelung bzw. Burst kombiniert werden können. Alle durch „•“ gekennzeichneten Kombinationen sind zulässig. Wenn Sie auf eine Ausgangsfunktion umschalten, die nicht mit Modulation, Wobbelung oder Burst kombinierbar ist, wird die Modulations-, Wobbel- oder Burst-Funktion gegebenenfalls abgeschaltet.

	Sinus	Rechteck	Sägezahn	Puls	Rauschen	DC	Arb
AM-, FM-, PM-; FSK-Trägersignal	•	•	•				•
PWM-Trägersignal				•			
Wobbelung	•	•	•				•
Burst	•	•	•	•	•[1]		•

[1] *Nur in der Betriebsart „External Gated Burst“ erlaubt.*

- *Maximale Frequenz*: Wenn Sie auf eine Funktion umschalten, deren maximale Frequenz niedriger ist als die der aktuellen Funktion, wird die Frequenz gegebenenfalls automatisch auf die Obergrenze für die neue Funktion reduziert. Wenn Sie das Gerät beispielsweise für die Ausgabe eines Sinussignals mit einer Frequenz von 20 MHz konfiguriert haben und dann auf die Ausgangsfunktion Sägezahn umschalten, wird die Frequenz automatisch auf 200 kHz reduziert (dies ist die maximale Frequenz für Sägezahnsignale).

- *Maximale Amplitude*: Wenn Sie auf eine Funktion umschalten, deren maximale Amplitude niedriger ist als die der aktuellen Funktion, wird die Amplitude gegebenenfalls automatisch auf die maximale Amplitude für die neue Funktion reduziert. Dies kann wegen der je nach Signalform unterschiedlichen Scheitelfaktoren geschehen, wenn Sie die Amplitudeneinheit *Vrms* oder *dBm* gewählt haben.

  Beispiel: Das Gerät ist für die Ausgabe eines Rechtecksignals mit einer Effektivspannung von 5 Vrms (an 50 Ohm) konfiguriert. Wenn Sie dann auf Sinus umschalten, wird die Amplitude automatisch auf 3.536 Vrms abgeändert (dies ist die maximale Effektivspannung für Sinussignale).

- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie zur Wahl der Ausgangsfunktion die entsprechende Taste in der oberen Funktionstasten-Reihe. Wenn Sie [Arb] drücken, wird das zuletzt gewählte Arbiträrsignal ausgegeben. Mit dem Softkey **Select Wform** können Sie das gewünschte Arbiträrsignal wählen.

  Zur Wahl der Ausgangsfunktion „dc volts“ müssen Sie die [Utility] und anschließend den Softkey **DC On** drücken. Drücken Sie den Softkey **Offset**, und geben Sie den gewünschten Gleichspannungswert ein.

- *Fernsteuerung*:

  ```
  FUNCtion {SINusoid|SQUare|RAMP|PULSe|NOISe|DC|USER}
  ```

  Alternativ können Sie mit dem Befehl `APPLy` die Ausgangsfunktion, die Frequenz, die Amplitude und den Offset gleichzeitig wählen.

Ausgangsfrequenz

Der Ausgangsfrequenzbereich ist von der Ausgangsfunktion abhängig, Siehe hierzu die nachfolgende Tabelle. *Die Standardfrequenz ist für alle Ausgangsfunktionen 1 kHz.*

Funktion	Minimale Frequenz	Maximale Frequenz
Sinus	1 µHz	20 MHz
Rechteck	1 µHz	20 MHz
Sägezahn	1 µHz	200 kHz
Puls	500 µHz	5 MHz
Rauschen, DC	–	–
Arb	1 µHz	6 MHz

- *Einschränkung des Frequenzbereichs*: Wenn Sie auf eine Funktion umschalten, deren maximale Frequenz niedriger ist als die der aktuellen Funktion, wird die Frequenz gegebenenfalls automatisch auf die Obergrenze für die neue Funktion reduziert. Wenn das Gerät beispielsweise für die Ausgabe eines Sinussignals mit einer Frequenz von 20 MHz konfiguriert haben und dann auf die Ausgangsfunktion Sägezahn umschalten, wird die Frequenz automatisch auf 200 kHz reduziert (dies ist die maximale Frequenz für Sägezahnsignale).
- *Einschränkung des Frequenzbereichs für Bursts*: Die minimale Frequenz für intern getriggerte Bursts ist 2.001 mHz. Für Sinus- und Rechtecksignale sind Frequenzen oberhalb von 6 MHz nur in der Betriebsart „infinite burst count“ zulässig.
- *Einschränkung des Tastverhältnisbereichs*: Bei Rechtecksignalen gelten für höhere Frequenzen folgende Einschränkungen bezüglich des Tastverhältnisses:

  20 % bis 80 % (*Frequenz* ≤ 10 MHz)
  40 % bis 60 % (*Frequenz* > 10 MHz)

  Wenn Sie auf eine Frequenz umschalten, die mit dem derzeit gewählten Tastverhältnis nicht kompatibel ist, wird das Tastverhältnis automatisch auf den maximal zulässigen Wert für die neue Frequenz abgeändert. Beispiel: Wenn Sie ein Tastverhältnis von 70 % wählen und dann die Frequenz auf 12 MHz abändern, wird das Tastverhältnis automatisch auf 60 % abgeändert (dies ist das maximal zulässige Tastverhältnis für diese Frequenz).

- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie zum Einstellen der Ausgangsfrequenz den Softkey **Freq** für die gewählte Funktion. Geben Sie dann mit dem Drehknopf oder über die Zifferntastatur die gewünschte Frequenz ein. Alternativ können Sie die Periode einstellen, indem Sie den Softkey **Freq** nochmals drücken; er hat dann die Funktion **Period**.

- *Fernsteuerung*:

  ```
  FREQuency {<Frequenz>|MINimum|MAXimum}
  ```

  Alternativ können Sie mit dem Befehl `APPLy` die Ausgangsfunktion, die Frequenz, die Amplitude und den Offset gleichzeitig wählen.

Ausgangsamplitude

Der Standardwert für die Ausgangsamplitude ist 100 mVpp (an 50 Ohm); dieser Wert gilt für alle Ausgangsfunktionen.

- *Einschränkung des Offset-Spannungsbereichs*: Der Zusammenhang zwischen Ausgangsamplitude und Offset-Spannung wird durch die untenstehende Gleichung beschrieben. V*max* ist die maximal mögliche *Spitzenspannung* bei dem gewählten Lastwiderstand (5 Volt für 50 Ω bzw. 10 Volt für hochohmige Last).

  $$Vpp \leq 2 \times (Vmax - |Voffset|)$$

- *Einschränkungen durch den Lastwiderstandswert*: Wenn Sie die Lastwiderstandswert-Einstellung ändern, ändert sich die Amplitudenanzeige entsprechend (wobei keine Fehlermeldung angezeigt wird). Beispiel: Wenn Sie die Amplitude auf 10 Vpp einstellen und anschließend den Lastwiderstand von 50 Ohm auf „high impedance“ ändern, *verdoppelt* sich der angezeigte Amplitudenwert auf 20 Vpp. Wenn Sie den Lastwiderstand von „high impedance“ auf 50 Ohm abändern, halbiert sich der angezeigte Amplitudenwert. *Weitere Informationen finden Sie unter „Lastwiderstand“ auf Seite 72.*

- *Einschränkungen durch die Maßeinheit*: In bestimmten Fällen wird der Amplitudenbereich durch die gewählte Amplitudenmaßeinheit eingeschränkt. Dies kann geschehen, wenn Sie die Amplitudeneinheit *Vrms* oder *dBm* gewählt haben, und ist darauf zurückzuführen, dass der Scheitelfaktor des Ausgangssignals von der Signalform abhängig ist. Beispiel: Das Gerät ist für die Ausgabe eines Rechtecksignals mit einer Effektivspannung von 5 Vrms (an 50 Ohm) konfi-

guriert. Wenn Sie dann auf Sinus umschalten, wird die Amplitude automatisch auf 3.536 Vrms abgeändert (dies ist die maximal mögliche Effektivspannung für Sinussignale).

- Sie können zwischen den Amplitudeneinheiten Vpp, Vrms oder dBm wählen. *Weitere Informationen siehe unter „Amplitudeneinheiten" auf Seite 71.*
- Die Amplitudenmaßeinheit „dBm" ist nicht verfügbar, wenn Sie den Lastwiderstand „high impedance" spezifiziert haben. In diesem Fall wird die Amplitude automatisch in Vpp umgerechnet. *Weitere Informationen siehe unter „Amplitudeneinheiten" auf Seite 71.*
- *Einschränkungen bei Arbiträrsignalen*: Bei Arbiträrsignalen ist der Amplitudenbereich eingeschränkt, falls die Amplitudenwerte, aus denen sich das Signal zusammensetzt, nicht den vollen Bereich des Ausgangs-D/A-Wandlers ausnutzen. Beispiel: Das interne Arbiträrsignal „Sinc" nutzt nicht den vollen Wertebereich (±1) aus; dies schränkt den Amplitudenbereich auf 6,087 Vpp (an 50 Ohm) ein.
- Wenn Sie die Amplitude ändern und der neue Wert eine Umschaltung des Ausgangsabschwächerbereichs erfordert, wird das Ausgangssignal u. U. kurzzeitig unterbrochen. Diese Unterbrechung des Ausgangssignals können Sie verhindern, indem Sie die automatische Ausgangsbereichswahl deaktivieren. Einzelheiten hierzu siehe Seite 75.
- Sie können die Amplitude (zusammen mit einer Offset-Spannung) auch durch Vorgabe eines oberen und eines unteren Spannungspegels spezifizieren. Beispiel: Wenn Sie den oberen Spannungspegel („high") auf +2 Volt einstellen und den unteren Spannungspegel („low") auf -3 Volt, ergibt sich eine Amplitude von 5 Vpp und eine Offset-Spannung von -500 mV.
- In der Betriebsart „dc" wird die Ausgangsspannung durch Vorgabe eines entsprechenden Offset-Wertes eingestellt. Der DC-Ausgangsspannungsbereich beträgt ±5 Vdc an 50 Ohm oder ±10 Vdc im Leerlauf. *Weitere Informationen hierzu siehe unter „DC-Offsetspannung" (weiter unten in diesem Kapitel).*

  Zur Wahl der Ausgangsfunktion *dc volts* müssen Sie (Utility) und anschließend den Softkey **DC On** drücken. Drücken Sie den Softkey **Offset**, und geben Sie den gewünschten Gleichspannungswert ein.
- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie zum Einstellen der Ausgangsamplitude den Softkey **Ampl** für die gewählte Funktion. Geben Sie dann

mit dem Drehknopf oder über die Zifferntastatur die gewünschte Amplitude ein. Wenn Sie die Amplitude durch Eingabe eines oberen und eines unteren Pegels spezifizieren möchten, bringen Sie den Softkey **Ampl** durch wiederholtes Drücken nacheinander in die Stellung **HiLevel** bzw. **LoLevel**, und geben Sie die gewünschten Werte ein.

- *Fernsteuerung*:

  ```
  VOLTage {<Amplitude>|MINimum|MAXimum}
  ```

  Alternativ können Sie die Amplitude einstellen, indem Sie mit den folgenden Befehlen einen oberen und einen unteren Pegel vorgeben.

  ```
  VOLTage:HIGH {<Spannung>|MINimum|MAXimum}
  VOLTage:LOW {<Spannung>|MINimum|MAXimum}
  ```

  Alternativ können Sie mit dem Befehl `APPLy` die Ausgangsfunktion, die Frequenz, die Amplitude und die Offset-Spannung gleichzeitig vorgeben.

DC-Offsetspannung

Der Standardwert für die DC-Offsetspannung ist 0 Volt (für alle Funktionen).

- *Einschränkungen durch die Amplitude*: Der Zusammenhang zwischen Offset-Spannung und Ausgangsamplitude wird durch die nachfolgende Gleichung beschrieben. V*max* ist die maximal mögliche *Spitzenspannung* bei dem gewählten Lastwiderstand (5 Volt für 50 Ω bzw. 10 Volt für hochohmige Last).

  $$|\mathrm{V}Offset| \leq \mathrm{V}max - \frac{\mathrm{V}pp}{2}$$

  Falls der spezifizierte Offset-Spannungswert unzulässig ist, wird er automatisch auf den maximalen Wert abgeändert, der für die spezifizierte Amplitude zulässig ist.

- *Einschränkungen durch den Lastwiderstandswert*: Der Offset-Spannungsbereich ist vom spezifizierten Lastwiderstand abhängig. Beispiel: Wenn Sie die Offset-Spannung auf 100 mVdc einstellen und anschließend den Lastwiderstand von 50 Ohm auf „high impedance“ ändern, *verdoppelt* sich der angezeigte Offset-Spannungswert auf

200 mVdc. Wenn Sie den Lastwiderstand von „high impedance“ auf 50 Ohm abändern, halbiert sich der angezeigte Offset-Spannungswert. *Weitere Informationen hierzu siehe unter „Lastwiderstand“ auf Seite 72.*

- *Einschränkungen bei Arbiträrsignalen*: Bei Arbiträrsignalen sind die Offset-Spannungs- und Amplitudenbereiche eingeschränkt, falls die Amplitudenwerte, aus denen sich das Signal zusammensetzt, nicht den vollen Bereich des Ausgangs-D/A-Wandlers ausnutzen.
  Beispiel: Das interne Arbiträrsignal „Sinc“ nutzt nicht den vollen Wertebereich (±1) aus; dies schränkt den Offsetspannungsbereich auf 4.95 V (an 50 Ohm) ein.

- Sie können die Offsetspannung auch durch Vorgabe eines oberen und eines unteren Pegels spezifizieren. Beispiel: Wenn Sie den oberen Spannungspegel („high“) auf +2 Volt einstellen und den unteren Spannungspegel („low“) auf -3 Volt, ergibt sich eine Amplitude von 5 Vpp und eine Offset-Spannung von -500 mV.

- In der Betriebsart „dc“ wird die Ausgangsspannung durch Vorgabe eines entsprechenden Offset-Wertes eingestellt. Der DC-Ausgangsspannungsbereich beträgt ±5 Vdc an 50 Ohm oder ±10 Vdc im Leerlauf.

  Zur Wahl der Funktion *dc volts* müssen Sie (Utility) und anschließend den Softkey **DC On** drücken. Drücken Sie den Softkey **Offset**, und geben Sie den gewünschten Gleichspannungswert ein.

- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie zum Einstellen der Offsetspannung den Softkey **Offset** für die gewählte Funktion. Geben Sie dann mit dem Drehknopf oder über die Zifferntastatur den gewünschten Offsetspannungswert ein. Wenn Sie die Offsetspannung durch Eingabe eines oberen und eines unteren Pegels spezifizieren möchten, bringen Sie den Softkey **Offset** durch wiederholtes Drücken nacheinander in die Stellung **HiLevel** bzw. **LoLevel**, und geben Sie die gewünschten Werte ein.

- *Fernsteuerung*:

  ```
  VOLTage:OFFSet {<Offset>|MINimum|MAXimum}
  ```

  Alternativ können Sie die Offsetspannung einstellen, indem Sie mit den folgenden Befehlen einen oberen und einen unteren Pegel vorgeben.

  ```
  VOLTage:HIGH {<Spannung>|MINimum|MAXimum}
  VOLTage:LOW {<Spannung>|MINimum|MAXimum}
  ```

  Alternativ können Sie mit dem Befehl `APPLy` die Ausgangsfunktion, die Frequenz, die Amplitude und die Offset-Spannung gleichzeitig vorgeben.

Amplitudeneinheiten

Betrifft nur die Ausgangsamplitude. Die Standard-Amplitudeneinheit nach dem Einschalten des Gerätes ist Vpp (Volt-Spitze-Spitze).

- Amplitudeneinheiten: **Vpp**, Vrms, or dBm. *Die Standard-Amplitudeneinheit ist Vpp.*
- Die Einstellung der Amplitudeneinheit wird in einem *flüchtigen* Speicher abgelegt. Beim Einschalten des Gerätes oder nach einem Reset über die Fernsteuerungsschnittstelle wird sie auf „Vpp“ zurückgesetzt, falls der Einschalt-Zustand des Geräts auf „default“ gesetzt ist.
- Die gewählte Amplitudeneinheit gilt sowohl für die manuelle als auch für die ferngesteuerte Betriebsart. Wenn Sie beispielsweise über die Fernsteuerungsschnittstelle die Amplitudeneinheit „VRMS“ wählen, wird die aktuelle Ausgangsspannung auch im Display in der Einheit „VRMS“ angezeigt.
- Die Amplitudeneinheit „dBm“ ist nicht verfügbar, wenn Sie den Lastwiderstand „high impedance“ spezifiziert haben. In diesem Fall wird die Amplitude automatisch in Vpp umgerechnet.
- *Manuelle Bedienung*: Geben Sie über die Zifferntastatur die gewünschte Amplitude ein, und schließen Sie die Eingabe mit dem Softkey für die gewünschte Einheit ab. Sie können jederzeit zwischen den verschiedenen Amplitudeneinheiten wechseln. Wenn beispiels-

weise ein Amplitudenwert von 2 Vpp angezeigt wird, und Sie wissen möchten, wie groß der entsprechende Effektivwert in Vrms ist, drücken Sie [+/-] und anschließend den Softkey **V_{RMS}**. Bei einem Sinussignal beträgt der Effektivwert 707.1 mVrms.

- *Fernsteuerung*:

```
VOLTage:UNIT {VPP|VRMS|DBM}
```

Lastwiderstand

Betrifft nur die Ausgangsamplitude und die Offsetspannung. Beim Agilent 33220A hat der Anschluss *Output* eine unveränderliche Ausgangsimpedanz von 50 Ohm. Die im Display angezeigten Amplituden- und Offsetwerte gelten normalerweise für eine Lastimpedanz von 50 Ohm. Falls die Lastimpedanz von diesem Sollwert abweicht, müssen Sie dies dem Funktionsgenerator „mitteilen", da sonst falsche Amplituden- und Offsetwerte angezeigt werden.

- Lastwiderstand: 1 Ω bis 10 kΩ oder „infinite" (unendlich). Der Standardwert ist 50 Ω. Am oberen Rand des Displays wird eine Meldung eingeblendet, falls für den Lastwiderstand ein von 50 Ω abweichender Wert eingestellt ist.
- Die Lastwiderstand-Einstellung wird *nichtflüchtig* abgespeichert und ändert sich beim Aus- und Wiedereinschalten des Gerätes oder bei einem Reset über die Fernsteuerungsschnittstelle *nicht*. Voraussetzung ist, dass der Einschalt-Zustand des Gerätes auf „default" gesetzt ist.
- Wenn Sie einen Lastwiderstand von 50 Ohm spezifizieren und den Ausgang offen lassen, ist die tatsächliche Ausgangsspannung *doppelt so hoch* wie der angezeigte Wert. Beispiel: Wenn Sie eine Offsetspannung von 100 mVdc einstellen und einen Lastwiderstand von 50 Ohm spezifizieren, den Ausgang jedoch offen lassen, beträgt die tatsächliche Offsetspannung 200 mVdc.
- Wenn Sie die Lastwiderstandswert-Einstellung ändern, ändern sich die angezeigten Amplituden- und Offsetspannungswerte entsprechend (wobei keine Fehlermeldung angezeigt wird). Beispiel: Wenn Sie die Amplitude auf to 10 Vpp einstellen und anschließend den Lastwiderstand von 50 Ohm auf „high impedance" ändern,

verdoppelt sich der angezeigte Amplitudenwert auf 20 Vpp. Wenn Sie den Lastwiderstand von „high impedance“ auf 50 Ohm abändern, halbiert sich der angezeigte Amplitudenwert.

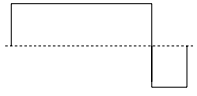
- Die Amplitudenmaßeinheit „dBm“ ist nicht verfügbar, wenn Sie den Lastwiderstand „high impedance“ spezifiziert haben. In diesem Fall wird die Amplitude automatisch in Vpp umgerechnet.
- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie Utility und anschließend den Softkey **Output Setup**. Geben Sie anschließend mit dem Drehknopf oder über die Zifferntastatur den Lastwiderstandswert ein, oder wählen durch nochmaliges Drücken des Softkeys **Load** den Wert „High Z“ (hochohmiger Abschluss).
- *Fernsteuerung*:

```
OUTPut:LOAD {<Ohm>|INFinity|MINimum|MAXimum}
```

Tastverhältnis(Rechtecksignale)

Das Tastverhältnis eines Rechtecksignals ist definiert als das Verhältnis (in Prozent) der Dauer des *HIGH* -Zustands zur Periodendauer. Diese Definition bezieht sich auf normale (nicht-invertierte) Signalpolarität.

20 % Tastverhältnis



80 % Tastverhältnis

(Informationen über das Tastverhältnis für Pulssignale finden Sie unter Pulssignale auf Seite 80.)

- Tastverhältnis: 20 % bis 80 % (*Frequenz* ≤ 10 MHz)
  40 % bis 60 % (*Frequenz*> 10 MHz)
- Die Tastverhältnis-Einstellung wird in einem *flüchtigen* Speicher abgelegt und beim Einschalten des Gerätes oder nach einem Reset über die Fernsteuerungsschnittstelle auf den Standardwert 50 % zurückgesetzt. Voraussetzung ist, dass der Einschalt-Zustand auf „default“ gesetzt ist.
- Die Tastverhältnis-Einstellung geht beim Umschalten von Rechteck auf eine andere Signalform nicht verloren. Sobald Sie wieder auf Rechteck umschalten, gilt wieder das zuvor gewählte Tastverhältnis.

- *Einschränkungen durch die Frequenz*: Wenn Sie die Funktion Rechteck gewählt haben und anschließend eine Frequenz wählen, die mit dem aktuellen Tastverhältnis nicht kompatibel ist, wird das Tastverhältnis automatisch auf den größtmöglichen Wert reduziert, der für die neue Frequenz zulässig ist. Beispiel: Wenn Sie ein Tastverhältnis von 70 % wählen und dann die Frequenz auf 12 MHz abändern, wird das Tastverhältnis automatisch auf 60 % abgeändert (dies ist das maximal zulässige Tastverhältnis für diese Frequenz).

- Die Einstellung des Tastverhältnisses *wird nicht* auf ein Rechtecksignal angewendet, das als AM-, FM-, PM- oder PWM-*Modulationssignal* verwendet wird. Für ein modulierendes Rechtecksignal wird immer ein Tastverhältnis von 50 % benutzt. Die Einstellung des Tastverhältnisses gilt nur für ein Rechteck-*Trägersignal*.

- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie nach der Wahl der Funktion Rechteck den Softkey **Duty Cycle**. Geben Sie dann mit dem Drehknopf oder über die Zifferntastatur das gewünschte Tastverhältnis ein.

- *Fernsteuerung*:

  ```
  FUNCtion:SQUare:DCYCle {<Prozent>|MINimum|MAXimum}
  ```

  Der Befehl `APPLy` stellt das Tastverhältnis automatisch auf 50% ein.

Symmetrieverhältnis (Sägezahnsignale)

Betrifft nur Sägezahnsignale. Das Symmetrieverhältnis ist definiert als das prozentuale Verhältnis der *Anstiegsdauer* des Sägezahnsignals zur Periodendauer. Voraussetzung ist, dass das Signal nicht invertiert ist.

0 % Symmetrieverhältnis **100 % Symmetrieverhältnis**

- Die Symmetrieverhältnis-Einstellung wird in einem *flüchtigen* Speicher abgelegt und beim Einschalten des Gerätes oder nach einem ferngesteuerten Reset auf den Standardwert 100 % zurückgesetzt, falls der Einschalt-Zustands auf „default“ gesetzt ist.

- Die Symmetrieverhältnis-Einstellung geht beim Umschalten von Sägezahn auf eine andere Funktion nicht verloren. Sobald Sie wieder auf Sägezahn umschalten, gilt wieder das zuvor gewählte Symmetrieverhältnis.
- Wenn Sie ein Sägezahnsignal als *Modulationssignal* für AM, FM, PM oder PWM wählen, ist die Symmetrieverhältnis-Einstellung *ohne Bedeutung*.
- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie nach der Wahl der Funktion Sägezahn den Softkey **Symmetry**. Geben Sie dann mit dem Drehknopf oder über die Zifferntastatur das gewünschte Symmetrieverhältnis ein.
- *Fernsteuerung*:

  ```
  FUNCtion:RAMP:SYMMetry {<Prozent>|MINimum|MAXimum}
  ```

  Der Befehl `APPLy` stellt das Symmetrieverhältnis automatisch auf 100 % ein.

Automatische Spannungsbereichswahl

In der Grundeinstellung ist die automatische Spannungsbereichswahl („Autorange“) aktiv; der Funktionsgenerator wählt dann automatisch die optimalen Ausgangsverstärker- und Abschwächer-Einstellungen. Wenn die automatische Bereichswahl deaktiviert ist, verwendet der Funktionsgenerator die aktuellen Verstärker- und Abschwächer-Einstellungen.

- Die automatische Bereichswahl kann abgeschaltet werden, um so die kurzzeitigen Signalunterbrechungen, die beim Ändern der Amplitudeneinstellung durch das Umschalten der Abschwächer hervorgerufen werden können, zu vermeiden. *Das Abschalten der automatischen Bereichswahl hat jedoch noch andere Auswirkungen:*
  - Genauigkeit sowie Auflösung der Amplitude und der Offsetspannung (und die Signalformgenauigkeit) können beeinträchtigt werden, wenn die Amplitude auf einen Wert unterhalb der Bereichsumschaltgrenze reduziert wird. Dies kann nicht geschehen, wenn die automatische Bereichswahl aktiviert ist.
  - Möglicherweise kann die minimale Amplitude nicht erreicht werden, die bei automatischer Bereichswahl verfügbar ist.

- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie Utility und anschließend den Softkey **Output Setup**. Anschließend können Sie durch wiederholtes Drücken des Softkeys **Range** zwischen den Stellungen „Auto“ (automatische Bereichswahl) und „Hold“ (fester Bereich) umschalten.
- *Fernsteuerung*:

  ```
  VOLTage:RANGe:AUTO {OFF|ON|ONCE}
  ```

  Der Befehl `APPLy` aktiviert die automatische Bereichswahl, falls diese nicht bereits aktiv ist.

Ausgangssteuerung

Sie können den Signalausgang *Output* auf der Frontplatte aktivieren oder deaktivieren. Beim Einschalten des Gerätes wird standardmäßig der Ausgang deaktiviert, um so andere Geräte nicht zu gefährden. Wenn der Ausgang aktiv ist, leuchtet die Taste Output.

- Wenn an den Ausgang *Output* eine unzulässig hohe externe Spannung angelegt wird, erscheint eine Fehlermeldung, und der Ausgang wird deaktiviert. Sie können den Ausgang *Output* wieder aktivieren, indem Sie die externe Überspannung entfernen und die Taste Output drücken.
- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie zum Aktivieren oder Deaktivieren des Ausgang Output.
- *Fernsteuerung*:

  ```
  OUTPut {OFF|ON}
  ```

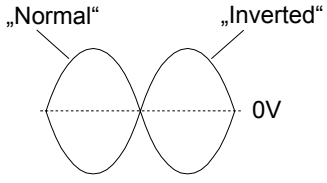
  Der Befehl `APPLy` aktiviert den Ausgang *Output*, sofern er nicht aktiv ist.

Signalpolarität

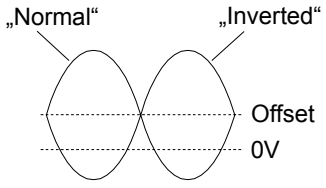
In der Betriebsart *Normal* (Standardeinstellung) verläuft das Signal im ersten Teil des Zyklus in positiver Richtung. In der Betriebsart *Inverted* verläuft das Signal im ersten Teil des Zyklus in negativer Richtung.

- Wie aus den nachfolgenden Beispielen ersichtlich ist, wird das Signal *relativ zur* Offsetspannung invertiert. Falls eine Offsetspannung

ungleich Null vorgegeben wurde, bleibt diese beim Invertieren des Signals unverändert erhalten.



Ohne Offsetspannung



Mit Offsetspannung

- Bei invertiertem Signal ist das dem Signal zugeordnete Sync-Signal *nicht* invertiert.
- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie Utility und anschließend den Softkey **Output Setup**. Anschließend können Sie durch wiederholtes Drücken des Softkeys **Normal** zwischen den Stellungen „Normal“ und „Invert“ umschalten.
- *Fernsteuerung*:

```
OUTPut:POLarity {NORMal|INVerted}
```

„Sync“-Ausgangssignal

Am Anschluss *Sync* auf der Frontplatte ist ein Synchronisationssignal verfügbar. Allen Standardsignalformen außer DC und Rauschen ist ein Synchronisationssignal zugeordnet. Falls Sie in bestimmten Anwendungen die Ausgabe des Synchronisationssignals unterdrücken möchten, können Sie den Ausgang *Sync* deaktivieren.

- Wenn der Ausgang *Sync* aktiv ist (Standardeinstellung), ist dort das Synchronisationssignal verfügbar. Wenn dieser Ausgang inaktiv ist, befindet sich der Anschluss *Sync* konstant im LOW-Zustand.
- Beim Invertieren eines Signals (siehe „Signalpolarität“ weiter oben) wird das zugeordnete Sync-Signal *nicht* invertiert.
- In der Wobbelbetriebsart (*siehe Seite 112*) hat die Einstellung der Frequenzmarke Priorität vor der Sync-Signal-Einstellung. Wenn Sie also die Marke (und die Wobbelbetriebsart) aktivieren, wird die Sync-Signal-Einstellung ignoriert.
- Das Sync-Signal für die Ausgangsfunktionen *Sine*, *Ramp* und *Pulse* ist ein Rechtecksignal mit einem Tastverhältnis von 50 %. Das Sync-

Signal hat ist im HIGH-Zustand, wenn das Funktionsgenerator-Ausgangssignal bezogen auf Null (oder die Offsetspannung) positiv ist. Das Sync-Signal ist im LOW-Zustand, wenn das Funktionsgenerator-Ausgangssignal bezogen auf Null (oder die Offsetspannung) negativ ist.

- Das Sync-Signal für die Ausgangsfunktion *Square* ist ein Rechtecksignal mit dem gleichen Tastverhältnis wie das Haupt-Ausgangssignal. Das Sync-Signal ist im HIGH-Zustand, wenn das Funktionsgenerator-Ausgangssignal bezogen auf Null (oder die Offsetspannung) positiv ist. Das Sync-Signal ist im LOW-Zustand, wenn das Funktionsgenerator-Ausgangssignal bezogen auf Null (oder die Offsetspannung) negativ ist.

- Das Sync-Signal für die Ausgangsfunktion *Arbitrary* ist ein Rechtecksignal mit einem Tastverhältnis von 50 %. Das Sync-Signal geht in den HIGH-Zustand über, sobald der erste heruntergeladene Signalpunkt ausgegeben wird.

- Das Sync-Signal für intern *AM*-, *FM*-, *PM*- und *PWM*-modulierte Signale ist ein auf das Modulationssignal (nicht das Trägersignal) bezogenes Rechtecksignal mit einem Tastverhältnis von 50 %. Das Sync-Signal ist während der ersten Hälfte des Modulationssignals im HIGH-Zustand.

- Das Sync-Signal für extern *AM*-, *FM*-, *PM*- und *PWM*-modulierte Signale ist ein auf das Trägersignal (nicht das Modulationssignal) bezogenes Rechtecksignal mit einem Tastverhältnis von 50 %.

- Das Sync-Signal für *FSK*-Signale ist auf die „Hop"-Frequenz bezogen. Das Sync-Signal geht beim Übergang auf die „Hop"-Frequenz in den HIGH-Zustand über.

- In der Betriebsart *Frequenzwobbelung, kombiniert* mit *Marker Off* ist das Sync-Signal ein Rechtecksignal mit einem Arbeitszyklus von 50 % für die Dauer der Wobbelung. Das Sync-Signal geht am Anfang des Wobbelzyklus in den HIGH-Zustand über und in der Mitte des Wobbelzyklus in den Zustand LOW. Das Sync-Signal wird mit dem Wobbel synchronisiert, ist jedoch nicht gleich der Wobbelzeit, da die Zeit die Rearm-Zeit einbezieht.

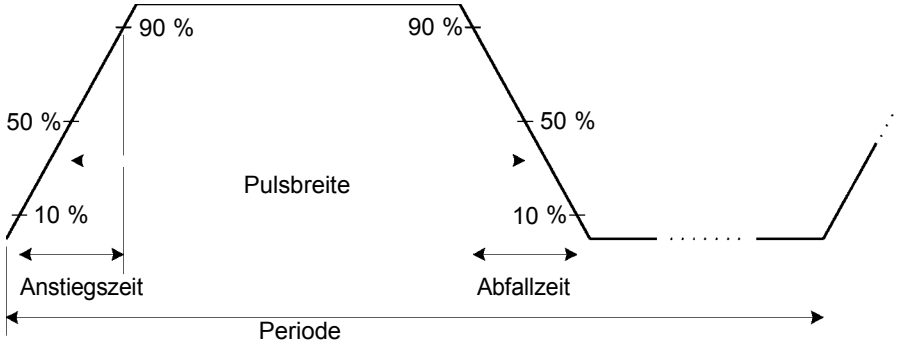
- In der Betriebsart *Frequenzwobbelung*, *kombiniert mit Marker On* geht das Sync-Signal am Anfang des Wobbelzyklus in den HIGH-Zustand über und bei der Markenfrequenz in den LOW-Zustand.

- In der Betriebsart *triggered burst* geht das Sync-Signal am Anfang des Bursts in den HIGH-Zustand. Das Sync-Signal geht nach der spezifizierten Anzahl von Zyklen in den LOW-Zustand über. (Je nach Start-Phase ist die Sync-Flanke nicht unbedingt mit dem Nulldurchgang synchron). Bei einer *unendlichen Anzahl von Bursts* ist das Sync-Signal das gleiche wie für ein kontinuierliches Signal.
- In der Betriebsart *externally-gated burst* folgt das Sync-Signal dem externen Torsignal. Beachten Sie, dass das Sync-Signal erst am Ende des letzten Zyklus in den LOW-Zustand übergeht. (Je nach Start-Phase ist die Sync-Flanke nicht unbedingt mit dem Nulldurchgang synchron).
- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie Utility und wählen mit dem Softkey **Sync** zwischen „off“ oder „on“.
- *Fernsteuerung*:

`OUTPut:SYNC {OFF|ON}`	*Die Einstellung wird nichtflüchtig gespeichert.*

Pulssignale

Die nachfolgende Abbildung zeigt die vier Parameter, die ein Pulssignal charakterisieren: *Periode*, *Pulsbreite*, *Anstiegszeit* und *Abfallzeit*.



Pulsperiode

- Pulsperiode: 200 ns bis 2000 s. *Der Standardwert ist 1 ms.*
- Die spezifizierte Periode muss größer sein als die Summe der *Pulsbreite* und der *Flankenzeit* (siehe nachfolgende Gleichung). Der Funktionsgenerator passt die Pulsbreite und die Flankenzeit automatisch der spezifizierten Periode an.

  $$\text{Periode} \geq \text{Pulsbreite} + (1{,}6 \times \text{Flankenzeit})$$

- *Manuelle Bedienung*: Bringen Sie nach dem Wählen der Ausgangsfunktion „Pulse“ den Softkey **Freq** durch nochmaliges Drücken in die Stellung **Period**. Geben Sie dann mit dem Drehknopf oder über die Zifferntastatur den gewünschten Periodenwert ein.
- *Fernsteuerung*:

```
PULSe:PERiod {<Sekunden>|MINimum|MAXimum}
```

Pulsbreite

Die Pulsbreite ist definiert als das Zeitintervall zwischen den 50 %-Punkten der positiven Flanke und dem 50 %-Punkt der nächstfolgenden negativen Flanke.

- Pulsbreite: 20 ns bis 2000 s (mit den nachfolgend beschriebenen Einschränkungen). *Der Standardwert für die Pulsbreite ist* 100 µs.
- Die *minimale Pulsbreite* (Wmin) ist von der Periode abhängig.

  Wmin = 20 ns für eine Periode von ≤ 10 s.
  Wmin = 200 ns für eine Periode von > 10 s und ≤ 100 s.
  Wmin = 2 µs für eine Periode von > 100 s und ≤ 1000 s.
  Wmin = 20 µs für eine Periode von > 1000 s.

- Die spezifizierte Pulsbreite muss außerdem kleiner sein als die Differenz zwischen der *Periode* und der *minimalen Pulsbreite*; wie in der nachfolgenden Gleichung zu sehen ist. Der Funktionsgenerator passt gegebenenfalls die Pulsbreite der spezifizierten Periode an.

  Pulsbreite ≤ Periode − Wmin

- Die spezifizierte Pulsbreite muss kleiner sein als die Differenz zwischen der *Periode* und der *Flankenzeit*; siehe nachfolgende Gleichung. Gegebenenfalls passt der Funktionsgenerator die Pulsbreite automatisch der spezifizierten Periode an.

  Pulsbreite ≤ Periode − (1,6 X Flankenzeit)

- Die Pulsbreite muss zudem größer sein als die Gesamtzeit einer Flanke:

  Pulsbreite ≥ 1,6 X Flankenzeit

- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie nach der Wahl der Funktion „Pulse“ den Softkey **Width.** Geben Sie dann mit dem Drehknopf oder über die Zifferntastatur die gewünschte Pulsbreite ein.
- *Fernsteuerung*:

```
FUNCtion:PULSe:WIDTh {<Sekunden>|MINimum|MAXimum}
```

Tastverhältnis für Pulssignale

Das Tastverhältnis eines Pulssignals ist folgendermaßen definiert:

Tastverhältnis = 100 X Pulsbreite ÷ Periode

Dabei ist die Pulsbreite definiert als das Zeitintervall zwischen den 50 %-Punkten der positiven Flanke und dem 50 %-Punkt der nächstfolgenden negativen Flanke.

- Tastverhältnis für Pulssignale: 0 % bis 100 % (Einschränkungen siehe unten). Der Standardwert ist 10 %.
- Das festgelegte Tastverhältnis eines Pulssignals muss die folgenden Einschränkungen berücksichtigen, die durch die *minimale Pulsbreite* (Wmin) verursacht werden. Der Funktionsgenerator passt gegebenenfalls das Tastverhältnis des Pulssignals automatisch der spezifizierten Periode an.

  Tastverhältnis $\geq$ 100 X Wmin ÷ Periode

  und

  Tastverhältnis $\leq$ 100 X (1 − Wmin ÷ Periode)

  Dabei ist:

  Wmin = 20 ns für eine Periode von $\leq$ 10 s.
  Wmin = 200 ns für eine Periode von > 10 s und $\leq$ 100 s.
  Wmin = 2 µs für eine Periode von > 100 s und $\leq$ 1000 s.
  Wmin = 20 µs für eine Periode von > 1000 s.

- Das spezifizierte Tastverhältnis eines Pulssignals muss die folgende Einschränkung berücksichtigen, die durch die *Flankenzeit* verursacht wird. Der Funktionsgenerator passt gegebenenfalls das Tastverhältnis des Pulssignals automatisch der spezifizierten Periode an.

  Tastverhältnis $\geq$ 100 X (1,6 X Flankenzeit) ÷ Periode

  und

  Tastverhältnis $\leq$ 100 X (1 − (1,6 X Flankenzeit) ÷ Periode)

- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie nach der Wahl der Funktion „Pulse“ den Softkey `Dty Cyc`. Geben Sie dann mit dem Drehknopf oder über die Zifferntastatur das gewünschte Tastverhältnis ein.
- *Fernsteuerung*:

```
FUNCtion:PULSe:DCYCle {<Prozent>|MINimum|MAXimum}
```

Flankenzeit

Die Flankenzeit bestimmt die Übergangszeit der positiven und negativen Flanke des Pulssignals. Anstiegs- und Abfallzeit können nicht unabhängig voneinander eingestellt werden – sie sind jeweils mit der Flankenzeit identisch. Die Flankenzeit ist für jeden Übergang definiert als das Zeitintervall vom 10 %-Punkt bis zum 90 %-Punkt der positiven bzw. negativen Flanke.

- Flankenzeit: 5 ns bis 100 ns (mit den nachfolgend beschriebenen Einschränkungen). *Der Standardwert für die Flankenzeit ist 5 ns*.
- Die spezifizierte Flankenzeit muss kleiner sein als die spezifizierte Pulsbreite; siehe nachfolgende Formel. Der Funktionsgenerator passt gegebenenfalls die Flankenzeit der spezifizierten Pulsbreite an.

  Flankenzeit ≤ 0,625 X Pulsbreite

  oder bezogen auf das Tastverhältnis

  Flankenzeit ≤ 0,625 X Periode X Tastverhältnis ÷ 100

- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie nach der Wahl der Funktion „Pulse“ den Softkey **Edge Time.** Geben Sie dann mit dem Drehknopf oder über die Zifferntastatur die gewünschte Flankenzeit ein.
- *Fernsteuerung*:

  ```
  FUNCtion:PULSe:TRANsition {<Sekunden>|MINimum|MAXimum}
  ```

Amplitudenmodulation (AM)

Ein moduliertes Signal besteht aus einem *Trägersignal* mit einem aufgeprägten *Modulationssignal*. Bei Amplitudenmodulation (AM) wird die Amplitude des Trägersignals entsprechend der momentanen Spannung des Modulationssignals verändert. Das vom Funktionsgenerator erzeugte Trägersignal kann mit einem internen oder externen Modulationssignal moduliert werden.

Weitere Informationen über die Grundlagen der Amplitudenmodulation siehe Kapitel 7, „Tutorial“.

Wahl der Betriebsart „AM“

- Der Funktionsgenerator bietet mehrere Modulationstypen zur Auswahl, von denen jedoch immer nur einer aktiv sein kann. Es ist beispielsweise nicht möglich, die Modulationstypen AM und FM miteinander zu kombinieren. Wenn Sie AM wählen, wird der zuvor gewählte Modulationstyp deaktiviert.
- Der Modulationstyp „AM“ kann auch nicht mit der Betriebsart „Sweep“ oder „Burst“ kombiniert werden. Wenn Sie AM wählen, wird die Betriebsart „Sweep“ oder „Burst“ gegebenenfalls deaktiviert.
- *Manuelle Bedienung*: Sie müssen den Modulationstyp „AM“ wählen, *bevor* Sie einen der übrigen Modulationsparameter vorgeben. Drücken Sie Mod, und wählen Sie anschließend mit dem Softkey **Type** den Modulationstyp „AM“. Das AM-modulierte Signal wird unter Verwendung der zuletzt vorgenommenen Einstellungen für Trägerfrequenz, Modulationsfrequenz, Ausgangsamplitude und Offsetspannung ausgegeben.
- *Fernsteuerung*: Um ein mehrmaliges Umschalten der Signalform zu vermeiden, sollten Sie den Modulationstyp „AM“ erst *nach* dem Konfigurieren der übrigen Modulationsparameter wählen.

```
AM:STATe {OFF|ON}
```

Trägersignalsignalform

- AM-Trägersignalform: **„Sine“,** „Square“, „Ramp“ oder „Arbitrary“. *Die Standardsignalform ist „Sine“.* Die Signalformen „Pulse“, „Noise“ und „DC“ können nicht als Trägersignalformen verwendet werden.
- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie eine der Ausgangsfunktion-Taste außer Pulse oder Noise. Wenn Sie ein Arbiträrsignal als Trägersignal verwenden möchten, drücken Sie Arb, und wählen Sie anschließend mit dem Softkey **Select Wform** die gewünschte Signalform.
- *Fernsteuerung*:

  ```
  FUNCtion {SINusoid|SQUare|RAMP|USER}
  ```

  Alternativ können Sie mit dem Befehl `APPLy` die Ausgangsfunktion, die Frequenz, die Amplitude und den Offset gleichzeitig wählen.

Trägerfrequenz

Die maximal zulässige Trägerfrequenz ist von der gewählten Funktion abhängig (siehe nachfolgende Tabelle). *Die Standard-Trägerfrequenz ist für alle Ausgangsfunktionen 1 kHz.*

Funktion	Minimale Frequenz	Maximale Frequenz
Sinus	1 µHz	20 MHz
Rechteck	1 µHz	20 MHz
Sägezahn	1 µHz	200 kHz
Arbiträr	1 µHz	6 MHz

- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie zum Einstellen der Trägerfrequenz den Softkey **Freq** für die gewählte Funktion. Geben Sie dann mit dem Drehknopf oder über die Zifferntastatur die gewünschte Frequenz ein.
- *Fernsteuerung*:

  ```
  FREQuency {<Frequenz>|MINimum|MAXimum}
  ```

  Alternativ können Sie mit dem Befehl `APPLy` die Ausgangsfunktion, die Frequenz, die Amplitude und den Offset gleichzeitig wählen.

Modulationssignalform

Das vom Funktionsgenerator erzeugte Trägersignal kann mit einem internen oder externen Modulationssignal amplitudenmoduliert werden.

- Modulationssignalform (*interne Quelle*): **„Sine“**, „Square“, „Ramp“, „Negative Ramp“, „Triangle“, „Noise“ oder „Arb“. *Die Standardsignalform ist „Sine“.*
  - Rechteck-Modulationssignale haben ein Tastverhältnis von 50 %.
  - Sägezahn-Modulationssignale haben ein Symmetrieverhältnis von 100 %.
  - Dreieck-Modulationssignale haben ein Symmetrieverhältnis von 50 %.
  - Negativ-Sägezahn-Modulationssignale haben ein Symmetrieverhältnis von 0 %.
- „Noise“ ist zwar als Modulationssignalform verwendbar, aber – ebenso wie „Pulse“ oder „DC“ – nicht als Trägersignalform.
- Wenn Sie ein Arbiträrsignal als *Modulationssignal* wählen, wird die Länge des Arbiträrsignals automatisch auf 4 K Punkte begrenzt. Überzählige Signalpunkte werden mittels Dezimierung entfernt.
- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie nach der Wahl des Modulationstyps „AM“ den Softkey **Shape**.
- *Fernsteuerung*:

```
AM:INTernal:FUNCtion {SINusoid|SQUare|RAMP|NRAMp|
    TRIangle|NOISe|USER}
```

Modulationsfrequenz

Das vom Funktionsgenerator erzeugte Trägersignal kann mit einem internen oder externen Modulationssignal amplitudenmoduliert werden.

- Modulationsfrequenz (*interne Quelle*): 2 mHz bis 20 kHz.
  Der Standardwert ist 100 Hz.

- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie nach der Wahl des Modulationstyps „AM“ den Softkey **AM Freq**.
- *Fernsteuerung*:

```
AM:INTernal:FREQuency {<Frequenz>|MINimum|MAXimum}
```

Modulationsgrad

Der *Modulationsgrad* („modulation depth“) wird als Prozentsatz ausgedrückt und ist ein Maß für die Amplitudenschwankung des Trägersignals. Bei 0 % Modulationsgrad beträgt die Ausgangsamplitude die Hälfte des gewählten Wertes. Bei 100 % Modulationsgrad ist die Ausgangsamplitude gleich dem gewählten Wert.

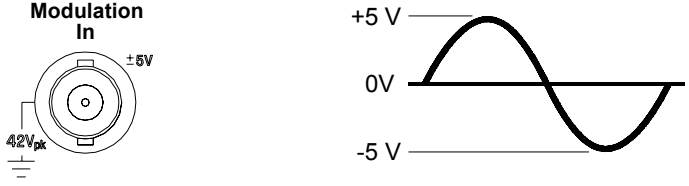
- Modulationsgrad: 0 % bis 120 %. *Der Standardwert ist 100 %.*
- Beachten Sie, dass der Funktionsgenerator auch bei einem Modulationsgrad von mehr als 100 % nicht mehr als ±5 Vs Ausgangsspannung (an 50 Ω) liefert.
- Wenn Sie die Modulationsquelle *External* wählen, wird das Trägersignal mit einem externen Signal moduliert. Der Modulationsgrad wird in diesem Fall durch die Amplitude des am rückseitigen Eingang *Modulation In* anliegenden Signals (maximal ±5 V) bestimmt. Beispiel: Wenn Sie den Modulationsgrad auf 100 % eingestellt haben, ergibt sich bei einer Modulationssignalspannung von +5 Volt die *maximale* Ausgangsamplitude. Bei einer Modulationssignalspannung von -5 Volt ergibt sich die *minimale* Ausgangsamplitude.
- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie nach der Wahl des Modulationstyps „AM“ den Softkey **AM Depth.** Geben Sie dann mit dem Drehknopf oder über die Zifferntastatur den gewünschten Modulationsgrad ein.
- *Fernsteuerung*:

```
AM:DEPTh {<Modulationsgrad in Prozent>|MINimum|MAXimum}
```

Modulationsquelle

Das vom Funktionsgenerator erzeugte Trägersignal kann mit einem internen oder externen Modulationssignal amplitudenmoduliert werden.

- Modulationsquelle: **„Internal“** oder „External“. *Die Standardeinstellung ist „Internal“.*
- Wenn Sie die Modulationsquelle *External* wählen, wird das Trägersignal mit einem externen Signal moduliert. Der Modulationsgrad wird in diesem Fall durch die Amplitude des am rückseitigen Eingang *Modulation In* anliegenden Signals (maximal ±5 V) bestimmt. Beispiel: Wenn Sie den Modulationsgrad auf 100 % eingestellt haben, ergibt sich bei einer Modulationssignalspannung von +5 Volt die *maximale* Ausgangsamplitude. Bei einer Modulationssignalspannung von -5 Volt ergibt sich die *minimale* Ausgangsamplitude.



- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie nach der Wahl des Modulationstyps „AM“ den Softkey **Source**.
- *Fernsteuerung*:

```
AM:SOURce {INTernal|EXTernal}
```

Frequenzmodulation (FM)

Ein moduliertes Signal besteht aus einem *Trägersignal* mit einem aufgeprägten *Modulationssignal*. Bei Frequenzmodulation (FM) wird die Frequenz des Trägersignals entsprechend der momentanen Spannung des Modulationssignals verändert.

Weitere Informationen über die Grundlagen der Frequenzmodulation siehe Kapitel 7, „Tutorial“.

Wahl der Betriebsart „FM“

- Der Funktionsgenerator bietet mehrere Modulationstypen zur Auswahl, von denen jedoch immer nur einer aktiv sein kann. Es ist beispielsweise nicht möglich, die Modulationstypen FM und AM miteinander zu kombinieren. Wenn Sie FM wählen, wird der zuvor gewählte Modulationstyp deaktiviert.
- Der Modulationstyp „FM“ kann auch nicht mit der Betriebsart „Sweep“ oder „Burst“ kombiniert werden. Wenn Sie FM wählen, wird die Betriebsart „Sweep“ oder „Burst“ gegebenenfalls deaktiviert.
- *Manuelle Bedienung*: Sie müssen den Modulationstyp „FM“ wählen, *bevor* Sie einen der übrigen Modulationsparameter vorgeben. Drücken Sie Mod, und wählen Sie anschließend mit dem Softkey **Type** den Modulationstyp „FM“. Das FM-modulierte Signal wird unter Verwendung der zuletzt vorgenommenen Einstellungen für Trägerfrequenz, Modulationsfrequenz, Ausgangsamplitude und Offsetspannung ausgegeben.
- *Fernsteuerung*: Um ein mehrmaliges Umschalten der Signalform zu vermeiden, sollten Sie den Modulationstyp „FM“ erst *nach* dem Konfigurieren der übrigen Modulationsparameter wählen.

```
FM:STATe {OFF|ON}
```

Trägersignalform

- FM-Trägersignalform: **„Sine“,** „Square“, „Ramp“ oder „Arbitrary“. *Die Standardsignalform ist „Sine“.* Die Signalformen „Pulse“, „Noise“ und „DC“ können nicht als Trägersignalformen verwendet werden.
- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie eine der Ausgangsfunktion-Taste außer Pulse oder Noise. Wenn Sie ein Arbiträrsignal als Trägersignal verwenden möchten, drücken Sie Arb, und wählen Sie anschließend mit dem Softkey **Select Wform** die gewünschte Signalform.
- *Fernsteuerung*:

  ```
  FUNCtion {SINusoid|SQUare|RAMP|USER}
  ```

  Alternativ können Sie mit dem Befehl `APPLy` die Ausgangsfunktion, die Frequenz, die Amplitude und den Offset gleichzeitig wählen.

Trägerfrequenz

Die maximal zulässige Trägerfrequenz ist von der gewählten Funktion abhängig (siehe nachfolgende Tabelle). *Die Standard-Trägerfrequenz ist für alle Ausgangsfunktionen 1 kHz.*

Funktion	Minimale Frequenz	Maximale Frequenz
Sinus	1 µHz	20 MHz
Rechteck	1 µHz	20 MHz
Sägezahn	1 µHz	200 kHz
Arbiträr	1 µHz	6 MHz

- Die *Trägerfrequenz* darf nicht kleiner als der Frequenzhub sein. Wenn Sie versuchen, bei aktiver Frequenzmodulation den Frequenzhub auf einen Wert oberhalb der Trägerfrequenz einzustellen, wird der Frequenzhub automatisch auf den größten Wert abgeändert, der für die derzeitige Trägerfrequenz zulässig ist.
- Die Summe aus *Trägerfrequenz* und Frequenzhub darf nicht größer sein als die maximal zulässige Frequenz für die gewählte Funktion ***plus 100 kHz*** (20,1 MHz für Sinus und Rechteck; 300 kHz für Sägezahn; 6,1 MHz für Arbiträrsignale). Wenn Sie versuchen, den Frequenzhub auf einen unzulässigen Wert einzustellen, wird er automatisch auf den größten Wert abgeändert, der für die derzeitige Trägerfrequenz zulässig ist.

- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie zum Einstellen der Trägerfrequenz den Softkey **Freq** für die gewählte Funktion. Geben Sie dann mit dem Drehknopf oder über die Zifferntastatur die gewünschte Frequenz ein.
- *Fernsteuerung*:

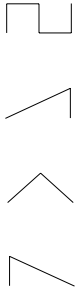
```
FREQuency {<Frequenz>|MINimum|MAXimum}
```

  Alternativ können Sie mit dem Befehl `APPLy` die Ausgangsfunktion, die Frequenz, die Amplitude und den Offset gleichzeitig wählen.

Modulationssignalform

Das vom Funktionsgenerator erzeugte Trägersignal kann mit einem internen oder externen Modulationssignal frequenzmoduliert werden.

- Modulationssignalform (*interne Quelle*): **„Sine“**, „Square“, „Ramp“, „Negative Ramp“, „Triangle“, „Noise“ oder „Arb“. *Die Standardsignalform ist „Sine“.*
  - Rechteck-Modulationssignale haben ein Tastverhältnis von 50 %.
  - Sägezahn-Modulationssignale haben ein Symmetrieverhältnis von 100 %.
  - Dreieck-Modulationssignale haben ein Symmetrieverhältnis von 50 %.
  - Negativ-Sägezahn-Modulationssignale haben ein Symmetrieverhältnis von 0 %.



- „Noise“ ist zwar als Modulationssignalform verwendbar, aber – ebenso wie „Pulse“ oder „dc“ – nicht als Trägersignalform.
- Wenn Sie ein Arbiträrsignal als *Modulationssignal* wählen, wird die Länge des Arbiträrsignals automatisch auf 4 K Punkte begrenzt. Überzählige Signalpunkte werden mittels Dezimierung entfernt.
- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie nach der Wahl des Modulationstyps „FM“ den Softkey **Shape**.
- *Fernsteuerung*:

```
FM:INTernal:FUNCtion {SINusoid|SQUare|RAMP|NRAMp|
   TRIangle|NOISe|USER}
```

Modulationsfrequenz

Das vom Funktionsgenerator erzeugte Trägersignal kann mit einem internen oder externen Modulationssignal frequenzmoduliert werden.

- Modulationsfrequenz (*interne Quelle*): 2 mHz bis 20 kHz. *Der Standardwert ist 10 Hz.*
- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie nach der Wahl des Modulationstyps „FM“ den Softkey **FM Freq.**
- *Fernsteuerung*:

```
FM:INTernal:FREQuency {<Frequenz>|MINimum|MAXimum}
```

Frequenzhub

Die *Frequenzhub*-Einstellung ist die maximale Abweichung der Frequenz des modulierten Signals von der Trägerfrequenz.

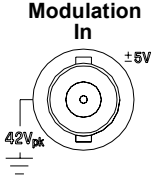
- Frequenzhub: 1 µHz bis 10,05 MHz (bzw. bis 150 kHz für Sägezahn und 3,05 MHz für Arbiträrsignale). *Der Standardwert ist 100 Hz.*
- Die *Trägerfrequenz* darf nicht kleiner als der Frequenzhub sein. Wenn Sie versuchen, bei aktiver Frequenzmodulation den Frequenzhub auf einen Wert oberhalb der Trägerfrequenz einzustellen, wird der Frequenzhub automatisch auf den größten Wert abgeändert, der für die derzeitige Trägerfrequenz zulässig ist.
- Die Summe aus *Trägerfrequenz* und Frequenzhub darf nicht größer sein als die maximal zulässige Frequenz für die gewählte Funktion ***plus 100 kHz*** (20,1 MHz für Sinus und Rechteck; 300 kHz für Sägezahn; 6,1 MHz für Arbiträrsignale). Wenn Sie versuchen, den Frequenzhub auf einen unzulässigen Wert einzustellen, wird er automatisch auf den größten Wert abgeändert, der für die derzeitige Trägerfrequenz zulässig ist.
- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie nach der Wahl des Modulationstyps „FM“ den Softkey **Freq Dev**. Geben Sie dann mit dem Drehknopf oder über die Zifferntastatur den gewünschten Frequenzhub ein.
- *Fernsteuerung*:

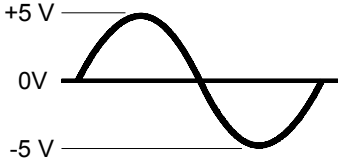
```
FM:DEViation    {<Spitzen-Frequenzhub in Hz>
                |MINimum|MAXimum}
```

Modulationsquelle

Das vom Funktionsgenerator erzeugte Trägersignal kann mit einem internen oder externen Modulationssignal frequenzmoduliert werden.

- Modulationsquelle: **„Internal“** oder „External“. *Die Standardeinstellung ist „Internal“.*
- Wenn Sie die Modulationsquelle *External* wählen, wird das Trägersignal mit einem externen Signal moduliert. Der Frequenzhub wird in diesem Fall durch die Amplitude des am rückseitigen Eingang *Modulation In* anliegenden Signals (maximal ±5 V) bestimmt. Beispiel: Wenn der Frequenzhub auf 100 kHz eingestellt wurde, ergibt eine Spannung von +5 V am Modulationseingang eine Frequenzerhöhung um 100 kHz. Eine kleinere positive Spannung ergibt eine entsprechend kleinere Frequenzerhöhung. Eine negative Spannung ergibt eine Ausgangsfrequenz unterhalb der Trägerfrequenz.





- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie nach der Wahl des Modulationstyps „FM“ den Softkey **Source**.
- *Fernsteuerung*:

```
FM:SOURce {INTernal|EXTernal}
```

Phasenmodulation (PM)

Ein moduliertes Signal besteht aus einem *Trägersignal* mit einem aufgeprägten *Modulationssignal*. Die Phasenmodulation hat große Ähnlichkeit mit der Frequenzmodulation; bei PM wird jedoch die *Phase* des modulierten Signals entsprechend der aktuellen Spannung des Modulationssignals verändert.

Weitere Informationen über die Grundlagen der Phasenmodulation entnehmen Sie bitte dem Tutorial (Kapitel 7).

Wahl der Betriebsart „PM“

- Der Funktionsgenerator bietet mehrere Modulationstypen zur Auswahl, von denen jedoch immer nur einer aktiv sein kann. Es ist beispielsweise nicht möglich, die Modulationstypen PM und AM miteinander zu kombinieren. Wenn Sie PM wählen, wird der zuvor gewählte Modulationstyp deaktiviert.
- Der Modulationstyp PM kann auch nicht mit der Betriebsart „Sweep“ oder „Burst“ kombiniert werden. Wenn Sie PM wählen, wird die Betriebsart „Sweep“ oder „Burst“ gegebenenfalls deaktiviert.
- *Manuelle Bedienung*: Sie müssen den Modulationstyp PM wählen, *bevor* Sie einen der übrigen Modulationsparameter vorgeben. Drücken Sie Mod und wählen Sie anschließend mit dem Softkey **Type** den Modulationstyp PM. Das PM-modulierte Signal wird unter Verwendung der zuletzt vorgenommenen Einstellungen für Trägerfrequenz, Modulationsfrequenz, Ausgangsamplitude und Offsetspannung ausgegeben.
- *Fernsteuerung*: Um ein mehrmaliges Umschalten der Signalform zu vermeiden, sollten Sie den Modulationstyp PM erst *nach* dem Konfigurieren der übrigen Modulationsparameter wählen.

```
PM:STATe {OFF|ON}
```

Trägersignalform

- PM-Trägersignalform: „Sine“ „Square“, „Ramp“ oder „Arbitrary“. *Die Standardsignalform ist „Sine“.* Die Signalformen „Pulse“, „Noise“ und „DC“ *können nicht* als Trägersignalformen verwendet werden.
- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie eine der Ausgangsfunktions-Tasten außer Pulse oder Noise. Wenn Sie ein Arbiträrsignal als Trägersignal verwenden möchten, drücken Sie Arb, und wählen Sie anschließend mit dem Softkey **Select Wform** die gewünschte Signalform.
- *Fernsteuerung*:

```
FUNCtion {SINusoid|SQUare|RAMP|USER}
```

  Alternativ können Sie mit dem Befehl `APPLy` die Ausgangsfunktion, die Frequenz, die Amplitude und den Offset gleichzeitig wählen.

Trägerfrequenz

Die maximal zulässige Trägerfrequenz ist von der gewählten Funktion abhängig (siehe nachfolgende Tabelle). *Die Standard-Trägerfrequenz ist für alle Ausgangsfunktionen 1 kHz.*

Funktion	Minimale Frequenz	Maximale Frequenz
Sinus	1 µHz	20 MHz
Rechteck	1 µHz	20 MHz
Sägezahn	1 µHz	200 kHz
Arbiträr	1 µHz	6 MHz

- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie zum Einstellen der Trägerfrequenz den Softkey **Freq** für die gewählte Funktion. Geben Sie dann mit dem Drehknopf oder über die Zifferntastatur die gewünschte Frequenz ein.
- *Fernsteuerung*:

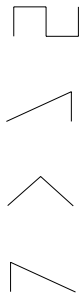
```
FREQuency {<Frequenz>|MINimum|MAXimum}
```

  Alternativ können Sie mit dem Befehl `APPLy` die Ausgangsfunktion, die Frequenz, die Amplitude und den Offset gleichzeitig wählen.

Modulationssignalform

Das vom Funktionsgenerator erzeugte Trägersignal kann mit einem internen oder externen Modulationssignal phasenmoduliert werden.

- Modulationssignalform (*interne Quelle*): **„Sine“**, „Square“, „Ramp“, „Negative Ramp“, „Triangle“, „Noise“ oder „Arbitrary“. *Die Standardsignalform ist „Sine“.*
  - Rechteck-Modulationssignale haben ein Tastverhältnis von 50 %.
  - Sägezahn-Modulationssignale haben ein Symmetrieverhältnis von 100 %.
  - Dreieck-Modulationssignale haben ein Symmetrieverhältnis von 50 %.
  - Negativ-Sägezahn-Modulationssignale haben ein Symmetrieverhältnis von 0 %.



- „Noise“ ist zwar als Modulationssignalform verwendbar, aber – ebenso wie „Pulse“ oder „dc“ – nicht als Trägersignalform.
- Wenn Sie ein Arbiträrsignal als *Modulationssignal* wählen, wird die Länge des Arbiträrsignals automatisch auf 4 K Punkte begrenzt. Überzählige Signalpunkte werden mittels Dezimierung entfernt.
- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie nach der Wahl des Modulationstyps PM den Softkey **Shape**.
- *Fernsteuerung*:

```
PM:INTernal:FUNCtion {SINusoid|SQUare|RAMP|NRAMp|
   TRIangle|NOISe|USER}
```

Modulationsfrequenz

Das vom Funktionsgenerator erzeugte Trägersignal kann mit einem internen oder externen Modulationssignal phasenmoduliert werden.

- Modulationsfrequenz (*interne Quelle*): 2 mHz bis 20 kHz. *Der Standardwert ist 10 Hz.*
- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie nach der Wahl des Modulationstyps PM den Softkey **PM Freq**.
- *Fernsteuerung*:

```
PM:INTernal:FREQuency {<frequency>|MINimum|MAXimum}
```


Phasenhub

Der *Phasenhub* ist die maximale Abweichung der Phase des modulierten Signals vom Trägersignal. Der Phasenhub kann auf Werte zwischen 0 und 360 Grad eingestellt werden. Der Standardwert ist 180 Grad.

- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie nach der Wahl des Modulationstyps PM den Softkey **Phase Dev**. Geben Sie dann mit dem Drehknopf oder über die Zifferntastatur den gewünschten Phasenhub ein.
- *Fernsteuerung*:

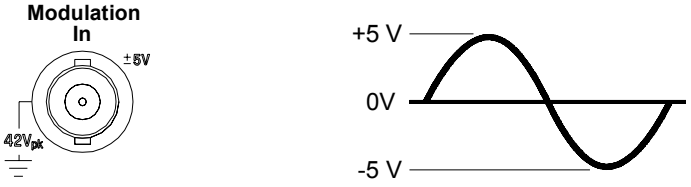
```
PM:DEViation {< Phasenhub in Grad>|MINimum|MAXimum}
```

Modulationsquelle

Das vom Funktionsgenerator erzeugte Trägersignal kann mit einem internen oder externen Modulationssignal phasenmoduliert werden.

- Modulationsquelle: **„Internal“** oder „External“. *Die Standardeinstellung ist „Internal“.*
- Wenn Sie die Modulationsquelle *External* wählen, wird das Trägersignal mit einem externen Signal moduliert. Der Phasenhub wird in diesem Fall durch die Amplitude des am rückseitigen Eingang *Modulation In* anliegenden Signals (maximal ±5 V) bestimmt. Wenn Sie

beispielsweise einen Phasenhub von 180 Grad gewählt haben, so entspricht einem Signalpegel von +5 V ein Phasenhub von 180 Grad. Ein niedriger externer Signalpegel verursacht einen geringeren Phasenhub.



- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie nach der Wahl des Modulationstyps PM den Softkey **Source**.
- *Fernsteuerung*:

```
PM:SOURce {INTernal|EXTernal}
```

FSK-Modulation (Frequenzumtastung)

In der Betriebsart FSK (Frequency Shift Keying, Frequenzumtastung) wird die Ausgangsfrequenz in Abhängigkeit von einem internen oder externen Modulationssignal zwischen zwei vorgegebenen Werten umgeschaltet. Die beiden Frequenzen werden als „Trägerfrequenz" bzw. als „Hop"-Frequenz bezeichnet. Die Frequenzumschaltrate wird durch die Frequenz des internen Modulationssignals bzw. des Signals am Eingang *Trig In* bestimmt.

Weitere Informationen über die Grundlagen der FSK-Modulation siehe Kapitel 7, „Tutorial".

Wahl der Betriebsart „FSK"

- Der Funktionsgenerator bietet mehrere Modulationstypen zur Auswahl, von denen jedoch immer nur einer aktiv sein kann. Es ist beispielsweise nicht möglich, die Modulationstypen FSK und AM miteinander zu kombinieren. Wenn Sie FSK wählen, wird der zuvor gewählte Modulationstyp deaktiviert.
- Der Modulationstyp „FSK" kann auch nicht mit der Betriebsart „Sweep" oder „Burst" kombiniert werden. Wenn Sie FSK wählen, wird die Betriebsart „Sweep" oder „Burst" gegebenenfalls deaktiviert.
- *Manuelle Bedienung*: Sie müssen den Modulationstyp „FSK" wählen, *bevor* Sie einen der übrigen Modulationsparameter vorgeben. Drücken Sie Mod, und wählen Sie anschließend mit dem Softkey **Type** den Modulationstyp „FSK". Das FSK-modulierte Signal wird unter Verwendung der zuletzt vorgenommenen Einstellungen für Trägerfrequenz, Ausgangsamplitude und Offsetspannung ausgegeben.
- *Fernsteuerung*: Um ein mehrmaliges Umschalten der Signalform zu vermeiden, sollten Sie den Modulationstyp „FSK" erst *nach* dem Konfigurieren der übrigen Modulationsparameter wählen.

```
FSKey:STATe {OFF|ON}
```

Trägersignalsignalform

- FSK-Trägersignalform: **„Sine",** „Square", „Ramp" oder „Arbitrary". *Die Standardsignalform ist „Sine".* Die Signalformen „Pulse", „Noise" und „dc" können nicht als Trägersignalformen verwendet werden.

- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie eine der Ausgangsfunktion-Taste außer Pulse oder Noise. Wenn Sie ein Arbiträrsignal als Trägersignal verwenden möchten, drücken Sie Arb, und wählen Sie anschließend mit dem Softkey **Select Wform** die gewünschte Signalform.

- *Fernsteuerung*:

```
FUNCtion {SINusoid|SQUare|RAMP|USER}
```

  Alternativ können Sie mit dem Befehl `APPLy` die Ausgangsfunktion, die Frequenz, die Amplitude und den Offset gleichzeitig wählen.

FSK-Trägerfrequenz

Die maximal zulässige Trägerfrequenz ist von der gewählten Funktion abhängig (siehe nachfolgende Tabelle). *Die Standard-Trägerfrequenz ist für alle Ausgangsfunktionen 1 kHz.*

Funktion	Minimale Frequenz	Maximale Frequenz
Sinus	1 µHz	20 MHz
Rechteck	1 µHz	20 MHz
Sägezahn	1 µHz	200 kHz
Arbiträr	1 µHz	6 MHz

- Wenn die Modulationsquelle *External* gewählt wurde, wird die Ausgangsfrequenz durch das Signal am rückseitigen Eingang *Trig In* bestimmt. Wenn dieses Signal sich im *LOW*-Zustand befindet, wird die *Trägerfrequenz* ausgegeben. Wenn dieses Signal sich im *high*-Zustand befindet, wird die *„Hop"-Frequenz* ausgegeben.

- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie zum Einstellen der Trägerfrequenz den Softkey **Freq** für die gewählte Funktion. Geben Sie dann mit dem Drehknopf oder über die Zifferntastatur die gewünschte Frequenz ein.

- *Fernsteuerung*:

```
FREQuency {<Frequenz>|MINimum|MAXimum}
```

  Alternativ können Sie mit dem Befehl `APPLy` die Ausgangsfunktion, die Frequenz, die Amplitude und den Offset gleichzeitig wählen.

FSK-„Hop“-Frequenz

Die maximal zulässige „Hop“-Frequenz ist von der gewählten Funktion abhängig (siehe nachfolgende Tabelle). *Die Standard-„Hop“-Frequenz ist für alle Ausgangsfunktionen 100 Hz.*

Funktion	Minimale Frequenz	Maximale Frequenz
Sinus	1 µHz	20 MHz
Rechteck	1 µHz	20 MHz
Sägezahn	1 µHz	200 kHz
Arbiträr	1 µHz	6 MHz

- Zur internen Modulation wird ein *Rechtecksignal* mit einem Tastverhältnis von 50 % verwendet.
- Wenn die Modulationsquelle *External* gewählt wurde, wird die Ausgangsfrequenz durch das Signal am rückseitigen Eingang *Trig In* bestimmt. Wenn dieses Signal sich im *LOW*-Zustand befindet, wird die *Trägerfrequenz* ausgegeben. Wenn dieses Signal sich im *high*-Zustand befindet, wird die *„Hop“-Frequenz* ausgegeben.
- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie zum Einstellen der „Hop“-Frequenz den Softkey **Hop Freq**. Geben Sie dann mit dem Drehknopf oder über die Zifferntastatur die gewünschte Frequenz ein.
- *Fernsteuerung*:

```
FSKey:FREQuency {<Frequenz>|MINimum|MAXimum}
```

FSK-Rate

Die *FSK-Rate* ist die Rate, mit welcher die Ausgangsfrequenz bei interner FSK-Modulation zwischen der Trägerfrequenz und der „Hop“-Frequenz umschaltet.

- FSK-Rate (*interne Quelle*): 2 mHz bis 100 kHz. *Der Standardwert ist 10 Hz.*
- Bei Verwendung einer externen FSK-Modulationsquelle ist die eingestellte FSK-Rate ohne Bedeutung.

- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie zum Einstellen der FSK-Rate den Softkey **FSK Rate**. Geben Sie dann mit dem Drehknopf oder über die Zifferntastatur die gewünschte Rate ein.
- *Fernsteuerung*:

```
FSKey:INTernal:RATE {<Rate in Hz>|MINimum|MAXimum}
```


FSK-Quelle

- FSK-Quelle: **„Internal“** oder „External“. *Die Standardeinstellung ist „Internal“.*
- Wenn die Quelle *Internal* gewählt wurde, wird die Rate, mit welcher die Ausgangsfrequenz zwischen der Trägerfrequenz und der „Hop“-Frequenz umschaltet, durch die spezifizierte *FSK-Rate* bestimmt.
- Wenn die Modulationsquelle *External* gewählt wurde, wird die Ausgangsfrequenz durch das Signal am rückseitigen Eingang *Trig In* bestimmt. Wenn dieses Signal sich im *LOW*-Zustand befindet, wird die *Trägerfrequenz* ausgegeben. Wenn dieses Signal sich im *high*-Zustand befindet, wird die *„Hop“-Frequenz* ausgegeben.
- Die maximal zulässige FSK-Rate bei externer Modulation ist 100 kHz.
- Beachten Sie, dass der für externe FSK-Modulation verwendete Anschluss (*Trig In*) nicht der gleiche ist wie für extern modulierte AM-, FM-, PM- und PWM-Signale (*Modulation In*). In der Betriebsart FSK-Modulation ist die Signalpolarität für den Eingang *Trig In nicht* wählbar.
- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie nach der Wahl des Modulationstyps „FSK“ den Softkey **Source**.
- *Fernsteuerung*:

```
FSKey:SOURce {INTernal|EXTernal}
```

Pulsbreitenmodulation (PWM)

Bei der Pulsbreitenmodulation (PWM) wird die Breite eines Pulssignals entsprechend der aktuellen Spannung des Modulationssignals verändert. Die Breite des Pulses kann entweder als *Pulsbreite* (in Zeiteinheiten, ähnlich der Periode) oder als *Tastverhältnis* (als Prozentsatz der Periode) ausgedrückt werden. Das vom Funktionsgenerator erzeugte Trägersignal kann mit einem internen oder externen Modulationssignal moduliert werden.

Weitere Informationen über die Grundlagen der Pulsbreitenmodulation entnehmen Sie bitte dem Tutorial (Kapitel 7).

Wahl der Betriebsart „PWM“

- Die Pulsbreitenmodulation kann nur für ein Pulssignal gewählt werden und ist der einzige Modulationstyp, der für Pulssignale verfügbar ist.
- Der Modulationstyp PWM kann auch nicht mit den Betriebsarten „Sweep“ oder „Burst“ kombiniert werden.
- *Manuelle Bedienung*: Sie müssen den Modulationstyp PWM wählen, *bevor* Sie einen der übrigen Modulationsparameter vorgeben. Drücken Sie erst auf die Taste [Pulse] und anschließend auf [Mod], um die Modulation einzuschalten. PWM wird als einziger für ein Pulssignal verfügbarer Modulationstyp automatisch gewählt. Das PWM-modulierte Signal wird unter Verwendung der zuletzt vorgenommenen Einstellungen für Pulsfrequenz, Modulationsfrequenz, Ausgangsamplitude, Offsetspannung, Pulsbreite und Flankenzeit ausgegeben.
- *Fernsteuerung*: Um ein mehrmaliges Umschalten der Signalform zu vermeiden, sollten Sie den Modulationstyp PWM erst *nach* dem Konfigurieren der übrigen Modulationsparameter wählen.

```
PWM:STATe {OFF|ON}
```

Pulssignale

- Die einzige für PWM verfügbare Signalform ist das Pulssignal.
- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie die Taste Pulse.
- *Fernsteuerung*:

```
FUNCtion {PULSe}
```

  Alternativ können Sie mit dem Befehl `APPLy` die Ausgangsfunktion, die Frequenz, die Amplitude und den Offset gleichzeitig wählen.

Pulsperiode

Der Bereich der Pulsperiode erstreckt sich von 200 ns bis 2000 s. Der Standardwert ist 1 ms.

- *Manuelle Bedienung*: Bringen Sie nach dem Wählen der Ausgangsfunktion „Pulse“ den Softkey **Freq** durch nochmaliges Drücken in die Stellung **Period**. Geben Sie dann mit dem Drehknopf oder über die Zifferntastatur den gewünschten Periodenwert ein.
- *Fernsteuerung*:

```
PULSe:PERiod {<Sekunden>|MINimum|MAXimum}
```

Modulationssignalform

Das vom Funktionsgenerator erzeugte Trägersignal kann mit einem internen oder externen Modulationssignal phasenbreitenmoduliert werden.

- Modulationssignalform (*interne Quelle*): **„Sine“**, „Square“, „Ramp“, „Negative Ramp“, „Triangle“, „Noise“ oder „Arb“. *Die Standardsignalform ist „Sine“.*
  - Rechteck-Modulationssignale haben ein Tastverhältnis von 50 %.

  - Sägezahn-Modulationssignale haben ein Symmetrieverhältnis von 100 %.

- Dreieck-Modulationssignale haben ein Symmetrieverhältnis von 50 %.
- Negativ-Sägezahn-Modulationssignale haben ein Symmetrieverhältnis von 0 %.

- Wenn Sie ein Arbiträrsignal als *Modulationssignal* wählen, wird die Länge des Arbiträrsignals automatisch auf 4 K Punkte begrenzt. Überzählige Signalpunkte werden mittels Dezimierung entfernt.
- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie nach der Wahl des Modulationstyps PWM den Softkey **Shape**.
- *Fernsteuerung*:

```
PWM:INTernal:FUNCtion {SINusoid|SQUare|RAMP|NRAMp|
   TRIangle|NOISe|USER}
```


Modulationsfrequenz

Das vom Funktionsgenerator erzeugte Trägersignal kann mit einem internen oder externen Modulationssignal phasenbreitenmoduliert werden.

- Modulationsfrequenz (*interne Quelle*): 2 mHz bis 20 kHz. *Der Standardwert ist 10 Hz.*
- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie nach der Wahl des Modulationstyps PWM den Softkey **PWM Freq**.
- *Fernsteuerung*:

```
PWM:INTernal:FREQuency {<Frequenz>|MINimum|MAXimum}
```

Pulsbreitenabweichung

Die Pulsbreitenabweichung ist definiert als die Abweichung der Pulsbreite des modulierten Signals (in Sekunden) von der Pulsbreite des ursprünglichen Pulssignals.

- Pulsbreitenabweichung: 0 s bis 1000 s (siehe unten). Der Standardwert ist 10 µs.
- Die Pulsbreitenabweichung kann die aktuelle Pulsbreite nicht überschreiten.

- Sie ist ebenfalls durch die minimale Pulsbreite (Wmin) beschränkt.

  Pulsbreitenabweichung ≤ Pulsbreite – Wmin

  und

  Pulsbreitenabweichung ≤ Periode – Pulsbreite – Wmin

  Dabei ist:

  Wmin = 20 ns für eine Periode von ≤ 10 s.
  Wmin = 200 ns für eine Periode von > 10 s und ≤ 100 s.
  Wmin = 2 µs für eine Periode von > 100 s und ≤ 1000 s.
  Wmin = 20 µs für eine Periode von > 1000 s.

- Die Pulsbreitenabweichung ist durch die aktuelle Einstellung der Flankenzeit beschränkt.

  Pulsbreitenabweichung ≤ Pulsbreite – (1,6 X Flankenzeit)

  und

  Pulsbreitenabweichung ≤ Periode – Pulsbreite – (1,6 X Flankenzeit)

- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie nach der Wahl des Modulationstyps PWM den Softkey **Width Dev**. Geben Sie dann mit dem Drehknopf oder über die Zifferntastatur die gewünschte Abweichung ein.

- *Fernsteuerung*:

  ```
  PWM:DEViation {< Pulsbreitenabweichung in Sekunden
  >|MINimum|MAXimum}
  ```

Hinweis: *Pulsbreite, Pulsbreitenabweichung, Tastverhältnis des Pulssignals und Abweichung des Tastverhältnisses sind in der Frontplatten-Schnittstelle gekoppelt. Wenn Sie als Pulssignalform* **Width** *wählen und PWM aktivieren, steht der Softkey* **Width Dev** *zur Verfügung. Wurde als Pulssignalform* **Dty Cyc** *gewählt und PWM aktiviert, so ist der Softkey* **Dty Cyc Dev** *verfügbar.*

Abweichung des Tastverhältnisses

Die Abweichung des Tastverhältnisses ist definiert als die Abweichung des Tastverhältnisses des modulierten Signals vom Tastverhältnis des Pulssignals. Die Abweichung des Tastverhältnisses wird als Prozentsatz der Periode ausgedrückt.

- Abweichung des Tastverhältnisses: 0 % bis 100 % (siehe unten). Der Standardwert ist 1 %.
- Die Abweichung des Tastverhältnisses kann nicht das Tastverhältnis des aktuellen Pulssignals übersteigen.
- Sie ist ebenfalls durch die minimale Pulsbreite (Wmin) beschränkt.

  Abweichung des Tastverhältnisses ≤ Tastverhältnis – 100 X Wmin ÷ Periode

  und

  Abweichung des Tastverhältnisses ≤ 100 – Tastverhältnis – 100 X Wmin ÷ Periode

  Dabei ist:

  Wmin = 20 ns für eine Periode von ≤ 10 s.
  Wmin = 200 ns für eine Periode von > 10 s und ≤ 100 s.
  Wmin = 2 µs für eine Periode von > 100 s und ≤ 1000 s.
  Wmin = 20 µs für eine Periode von > 1000 s.

- Die Abweichung des Tastverhältnisses ist auch durch die aktuelle Einstellung der Flankenzeit beschränkt.

  Abweichung des Tastverhältnisses ≤ Tastverhältnis – (160 X Flankenzeit) ÷ Periode

  und

  Abweichung des Tastverhältnisses ≤ 100 – Tastverhältnis – (160 X Flankenzeit) ÷ Periode

- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie nach der Wahl des Modulationstyps PWM den Softkey **Dty CyC Dev**. Geben Sie dann mit dem Drehknopf oder über die Zifferntastatur die gewünschte Abweichung ein.
- *Fernsteuerung*:

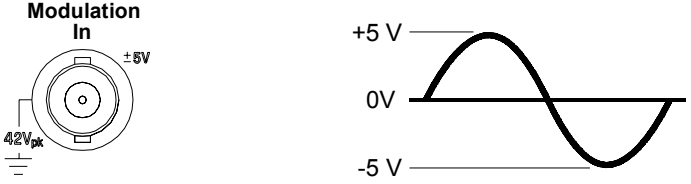
  `PWM:DEViation:DCYCle {<` *Abweichung in Prozent*`>|MIN|MAX}`

Hinweis: *Pulsbreite, Pulsbreitenabweichung, Tastverhältnis des Pulssignals und Abweichung des Tastverhältnisses sind in der Frontplatten-Schnittstelle gekoppelt. Wenn Sie als Pulssignalform* **Width** *wählen und PWM aktivieren, steht der Softkey* **Width Dev** *zur Verfügung. Wurde als Pulssignalform* **Dty Cyc** *gewählt und PWM aktiviert, so ist der Softkey* **Dty Cyc Dev** *verfügbar.*

Modulationsquelle

Das vom Funktionsgenerator erzeugte Trägersignal kann mit einem internen oder externen Modulationssignal phasenbreitenmoduliert werden.

- Modulationsquelle: **„Internal“** oder „External“. *Die Standardeinstellung ist „Internal“.*
- Wenn Sie die Modulationsquelle *External* wählen, wird das Pulssignal mit einem externen Signal moduliert. Die Pulsbreitenabweichung oder die Abweichung des Tastverhältnisses werden in diesem Fall durch die Amplitude des am rückseitigen Eingang *Modulation In* anliegenden Signals (maximal ±5 V) bestimmt. Falls Sie beispielsweise das Tastverhältnis auf 10 % und die Abweichung des Tastverhältnisses auf 5 % gesetzt haben, so ergibt sich bei einer Modulationsspannung von +5 Volt das *maximale* Ausgangstastverhältnis (15 %). Bei einer Modulationssignalspannung von -5 Volt ergibt sich das *minimale* Ausgangstastverhältnis (5 %).



- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie nach der Wahl des Modulationstyps PWM den Softkey **Source**.
- *Fernsteuerung*:

```
PWM:SOURce {INTernal|EXTernal}
```

Frequenzwobbelung

In der Betriebsart „frequency sweep“ (Frequenzwobbelung) wird die Ausgangsfrequenz schrittweise mit einer vorgegebenen *Wobbelrate* von einer vorgegebenen *Start-Frequenz* bis zu einer vorgegebenen *Stop-Frequenz* verändert. Sowohl die Richtung der Wobbelung (aufwärts oder abwärts) als auch deren Zeitverlauf (linear oder logarithmisch) ist wählbar. Sie können den Funktionsgenerator auch so konfigurieren, dass er auf einen externen oder manuellen Trigger hin einen einzelnen Wobbelzyklus (einmalige Frequenzveränderung von der Start-Frequenz bis zur Stop-Frequenz) ausgibt. Die Signalformen Sinus, Rechteck, Sägezahn und Arbiträr können gewobbelt werden, nicht jedoch die Signalformen Puls, Rauschen und DC.

Weitere Informationen über die Grundlagen der Wobbelung siehe Kapitel 7, „Tutorial“.

Wahl der Wobbelbetriebsart

- Die Wobbelbetriebsart kann nicht mit der Burst-Betriebsart oder einer Modulationsbetriebsart kombiniert werden. Wenn Sie die Wobbelbetriebsart wählen, wird die Burst-Betriebsart oder eine Modulationsbetriebsart gegebenenfalls automatisch deaktiviert.
- *Manuelle Bedienung*: Sie müssen die Wobbelbetriebsart wählen, *bevor* Sie einen der übrigen Modulationsparameter vorgeben. Drücken Sie zur Ausgabe eines gewobbelten Signals mit der zuvor gewählten Frequenz, Ausgangsamplitude und Offsetspannung die Taste Sweep.
- *Fernsteuerung*: Um ein mehrmaliges Umschalten der Signalform zu vermeiden, sollten Sie die Wobbelbetriebsart erst *nach* dem Konfigurieren der übrigen Parameter wählen.

```
SWEep:STATe {OFF|ON}
```

Start- und Stop-Frequenzen

Die *Start-Frequenz* und die *Stop-Frequenz* spezifizieren die untere bzw. obere Frequenzgrenze für die Wobbelung. Der Funktionsgenerator beginnt bei der Start-Frequenz, wobbelt dann bis zur Stop-Frequenz, und „springt“ dann wieder zur Start-Frequenz zurück.

- Start- und Stop-Frequenzen: 1 µHz bis 20 MHz (bzw. bis 200 kHz für Sägezahn; bis 6 MHz für Arbiträrsignale). Die Wobbelung ist über den gesamten Frequenzbereich hinweg phasenkontinuierlich. *Der Standardwert für die Start-Frequenz ist 100 Hz. Der Standardwert für die Stop-Frequenz ist 1 kHz.*
- Wählen Sie für eine ***Aufwärtswobbelung*** die Start-Frequenz kleiner als die Stop-Frequenz. Wählen Sie für eine ***Abwärtswobbelung*** die Start-Frequenz größer als die Stop-Frequenz.
- In der Wobbelbetriebsart, kombiniert mit *Marker Off*, ist das Sync-Signal ein Rechtecksignal mit einem Tastverhältnis von 50 %. Das Sync-Signal geht am Anfang des Wobbelzyklus in den HIGH-Zustand über und in der Mitte des Wobbelzyklus in den Zustand LOW. Die Frequenz des Sync-Signals ist gleich der spezifizierten Wobbelzeit. Das Sync-Signal wird über den Anschluss *Sync* auf der Frontplatte ausgegeben.
- In der Wobbelbetriebsart, kombiniert mit *Marker On*, geht das Sync-Signal am Anfang des Wobbelzyklus in den HIGH-Zustand über und bei der Markenfrequenz in den LOW-Zustand. Das Sync-Signal wird über den Anschluss *Sync* auf der Frontplatte ausgegeben.
- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie nach der Wahl der Wobbelbetriebsart den Softkey **Start** oder **Stop**. Geben Sie dann mit dem Drehknopf oder über die Zifferntastatur die gewünschte Frequenz ein.
- *Fernsteuerung*:

```
FREQuency:STARt {<Frequenz>|MINimum|MAXimum}
FREQuency:STOP {<Frequenz>|MINimum|MAXimum}
```

Mittenfrequenz und Wobbelbandbreite

Wenn Sie möchten, können Sie die Frequenzgrenzen für die Wobbelung auch durch Vorgabe der *Mittenfrequenz* und der *Wobbelbandbreite* spezifizieren. Diese Parameter stehen in direktem Zusammenhang mit den Start- und Stop-Frequenzen (*siehe weiter oben*).

- Mittenfrequenz: 1 µHz bis 20 MHz (bzw. bis 200 kHz für Sägezahn; bis 6 MHz für Arbiträrsignale). *Der Standardwert ist 550 Hz.*
- Wobbelbandbreite: 0 Hz bis 20 MHz (bzw. bis 200 kHz für Sägezahn; bis 6 MHz für Arbiträrsignale). *Der Standardwert ist 900 Hz.*

- Wählen Sie für eine ***Aufwärtswobbelung*** eine *positive* Wobbelbandbreite.Wählen Sie für eine ***Abwärtswobbelung*** eine *negative* Wobbelbandbreite.
- In der Wobbelbetriebsart, kombiniert mit *Marker Off*, ist das Sync-Signal ein Rechtecksignal mit einem Tastverhältnis von 50 %. Das Sync-Signal geht am Anfang des Wobbelzyklus in den HIGH-Zustand über und in der Mitte des Wobbelzyklus in den Zustand LOW. Die Frequenz des Sync-Signals ist gleich der spezifizierten Wobbelzeit. Das Sync-Signal wird über den Anschluss *Sync* auf der Frontplatte ausgegeben.
- In der Wobbelbetriebsart, kombiniert mit *Marker On*, geht das Sync-Signal am Anfang des Wobbelzyklus in den HIGH-Zustand über und bei der Markenfrequenz in den LOW-Zustand. Das Sync-Signal wird über den Anschluss *Sync* auf der Frontplatte ausgegeben.
- *Manuelle Bedienung*: Bringen Sie, nach der Wahl der Wobbelbetriebsart, den Softkey **Start** oder **Stop** durch nochmaliges Drücken in die Stellung **Center** bzw. **Span**. Geben Sie dann mit dem Drehknopf oder über die Zifferntastatur die gewünschten Start- und Stop-Frequenzen bzw. die Mittenfrequenz und die Wobbelbandbreite ein.
- *Fernsteuerung*:

```
FREQuency:CENTer {<Frequenz>|MINimum|MAXimum}
FREQuency:SPAN {<Frequenz>|MINimum|MAXimum}
```

Wobbelcharakteristik

Sie haben die Wahl zwischen den Wobbelcharakteristiken linear oder logarithmisch. Bei *linearer* Wobbelung wird die Frequenz linear in Abhängigkeit von der Zeit verändert. Bei *logarithmischer* Wobbelung wird die Frequenz logarithmisch in Abhängigkeit von der Zeit verändert.

- Wobbelcharakteristiken: „Linear“ oder „Logarithmic“. *Die Standardeinstellung ist „Linear“.*
- *Manuelle Bedienung*: Wählen Sie nach dem Aktivieren der Wobbelbetriebsart mit dem Umschalt-Softkey **Linear/Log** die gewünschte Wobbelcharakteristik.
- *Fernsteuerung*:

```
SWEep:SPACing {LINear|LOGarithmic}
```

Wobbelzeit

Die *Wobbelzeit* spezifiziert die Zeitdauer (in Sekunden) für die Wobbelung von der Start-Frequenz bis zur Stop-Frequenz. Die Anzahl der diskreten Frequenzpunkte eines Wobbelzyklus wird vom Funktionsgenerator automatisch berechnet und ist von der gewählten Wobbelzeit abhängig.

- Wobbelzeit: 1 ms bis 500 s. *Der Standardwert ist 1 s*.
- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie nach dem Aktivieren der Wobbelbetriebsart den Softkey **Sweep Time**. Geben Sie dann mit dem Drehknopf oder über die Zifferntastatur die gewünschte Wobbelzeit ein.
- *Fernsteuerung*:

```
SWEep:TIME {<Sekunden>|MINimum|MAXimum}
```

Markenfrequenz

Bei Bedarf können Sie den Funktionsgenerator so konfigurieren, dass er bei Erreichen einer spezifizierten Frequenz, der sogenannten Markenfrequenz, über den Anschluss *Sync* auf der Frontplatte ein Sync-Signal ausgibt. Das Sync-Signal geht am Anfang des Wobbelzyklus immer vom LOW-Zustand in den HIGH-Zustand über.

- Markenfrequenz: 1 µHz bis 20 MHz (bzw. bis 200 kHz für Sägezahn; bis 6 MHz für Arbiträrsignale). *Der Standardwert ist 500 Hz*.
- Beim Aktivieren der Wobbelbetriebsart *muss* die Markenfrequenz zwischen der Start-Frequenz und der Stop-Frequenz liegen. Falls Sie versuchen, eine außerhalb dieses Bereichs liegende Markenfrequenz zu spezifizieren, wird die Markenfrequenz automatisch gleich der Start-Frequenz oder der Stop-Frequenz eingestellt (je nachdem, welche dieser beiden Frequenzen der gewünschten Markenfrequenz näher liegt).
- Die aktivierte Sync-Einstellung wird außer Kraft gesetzt, wenn die im Wobbelbetrieb verwendete Marke aktiviert wird (*siehe Seite 77*). Wenn Sie also die Marke (und den Wobbelbetrieb) aktivieren, wird die Sync-Signal-Einstellung ignoriert.

- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie nach der Wahl der Wobbelbetriebsart den Softkey **Marker**. Geben Sie dann mit dem Drehknopf oder über die Zifferntastatur die gewünschte Markenfrequenz ein.
- *Fernsteuerung*:

```
MARKer:FREQuency {<Frequenz>|MINimum|MAXimum}
MARKer {Off|On}
```

Wobbel-Triggerquelle

In der Wobbelbetriebsart gibt der Funktionsgenerator nach jedem Trigger einen einzelnen Wobbelzyklus aus. Nach Abschluss eines Wobbelzyklus wartet der Funktionsgenerator auf den nächsten Trigger. Während dieser Zeit wird die Start-Frequenz ausgegeben.

- Wobbel-Triggerquelle: **„Internal“**, „External“ oder „Manual“. *Die Standardeinstellung ist „Internal“.*
- Wenn Sie die Wobbel-Triggerquelle *„Internal“* (sofortige Triggerung) wählen, gibt der Funktionsgenerator eine kontinuierliche Folge von Wobbelzyklen aus, deren Rate durch die spezifizierte *Wobbelzeit* bestimmt wird.
- Wenn Sie die Wobbel-Triggerquelle *External* wählen, wartet der Funktionsgenerator auf ein Triggersignal über den rückseitigen Eingang *Trig In*. Jedesmal, wenn der Funktionsgenerator über den Eingang *Trig In* einen TTL-Impuls mit der spezifizierten Polarität empfängt, gibt er einen einzelnen Wobbelzyklus aus.
- Die Triggerperiode muss größergleich der spezifizierten Wobbelzeit ***plus*** 1 ms sein.
- Wenn Sie die Wobbel-Triggerquelle *„Manual“* gewählt haben, gibt der Funktionsgenerator jedesmal, wenn die Taste (Trigger) gedrückt wird, einen einzelnen Wobbelzyklus aus.
- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie den Softkey **Trigger Setup**, und wählen Sie anschließend mit dem Softkey **Source** die gewählte Wobbel-Triggerquelle.

  Spezifizieren Sie, ob der Funktionsgenerator auf die positive oder negative Flanke des Signals am Eingang *Trig In* triggern soll: Drücken Sie den Softkey **Trigger Setup**, und wählen Sie mit dem Softkey **Slope** die gewünschte Flanke.

- *Fernsteuerung*:

```
TRIGger:SOURce {IMMediate|EXTernal|BUS}
```

  Mit dem folgenden Befehl können Sie spezifizieren, ob der Funktionsgenerator auf die positive oder negative Flanke des Signals am Eingang *Trig In* triggert.

```
TRIGger:SLOPe {POSitive|NEGative}
```

  Weitere Informationen hierzu siehe „Triggerung“ auf Seite 123.

„Trigger Out“-Signal

Am rückseitigen Ausgang *Trig Out* ist (*nur in den Trigger- und Burst-Betriebsarten*) ein Triggersignal zur Synchronisation externer Geräte verfügbar. Wenn dieser Ausgang aktiviert wurde, wird am Anfang eines jeden Wobbelzyklus eine positive TTL-Flanke (Standardeinstellung) oder negative TTL-Flanke über den Ausgang *Trig Out* ausgegeben.

- Wenn die Triggerquelle *Internal* (sofortige Triggerung) gewählt wurde, gibt der Funktionsgenerator am Anfang des Wobbelzyklus über den Anschluss *Trig Out* ein Rechtecksignal mit einem Tastverhältnis von 50 % aus. Die Frequenz dieses Signals entspricht der spezifizierten *Wobbelzeit*.
- Beim Wählen der Triggerquelle *External* wird das „Trigger out“-Signal automatisch deaktiviert. In diesem Fall dient der Anschluss *Trig Out* zur Triggerung des Funktionsgenerators durch ein externes Signal.
- Wenn die Triggerquelle *Manual* gewählt wurde, gibt der Funktionsgenerator am Anfang eines jeden Wobbelzyklus oder Bursts über den Anschluss *Trig Out* einen Puls (Breite >1 µs) aus.
- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie nach der Wahl der Wobbelbetriebsart den Softkey **Trigger Setup**. Wählen Sie anschließend mit dem Softkey **Trig Out** die gewünschte Flanke.
- *Fernsteuerung*:

```
OUTPut:TRIGger:SLOPe {POSitive|NEGative}
OUTPut:TRIGger {OFF|ON}
```

Betriebsart „Burst“

Sie können den Funktionsgenerator so konfigurieren, dass er einen *Burst*, d. h. eine bestimmte Anzahl von Zyklen ausgibt. Für die Betriebsart „Burst“ sind die Signalformen „Sine“, „Square“, „Ramp“, „Pulse“ oder „Arbitrary“ verfügbar. (Die Signalform „DC“ ist nicht verfügbar und die Signalform Noise” nur in der Betriebsart „Gated burst“).

Weitere Informationen über die Grundlagen der Betriebsart „Burst“ siehe Kapitel 7, „Tutorial“.

Wahl der Betriebsart „Burst“

- Die Betriebsart „Burst“ kann nicht mit der Wobbelbetriebsart oder einer Modulationsbetriebsart kombiniert werden. Wenn Sie die Betriebsart „Burst“ wählen, wird die Wobbelbetriebsart oder eine Modulationsbetriebsart gegebenenfalls automatisch deaktiviert.
- *Manuelle Bedienung*: Sie müssen die Betriebsart „Burst“ *bevor* Sie einen der übrigen Burst-Parameter vorgeben. Drücken Sie zur Ausgabe eines Burst-Signals mit der zuvor gewählten Frequenz, Ausgangsamplitude und Offsetspannung die Taste Burst.
- *Fernsteuerung*: Um ein mehrmaliges Umschalten der Signalform zu vermeiden, sollten Sie die Betriebsart „Burst“ erst *nach* dem Konfigurieren der übrigen Parameter wählen.

```
BURSt:STATe {OFF|ON}
```

Burst-Typ

Der Signalgenerator verfügt über zwei Burst-Betriebsarten: „Triggered Burst“ und „External Gated Burst“. Je nachdem, welche *Triggerquelle* und *Burst-Quelle* Sie wählen, wird automatisch die eine oder andere Burst-Betriebsart aktiviert (siehe nachfolgende Tabelle).

- *Betriebsart „Triggered Burst“*: Dies ist die Standardbetriebsart. In dieser Betriebsart gibt der Signalgenerator nach dem Empfang eines Triggers ein Signal mit einer spezifizierten Anzahl von Zyklen (*„Burst count“*) aus. Danach wartet der Signalgenerator auf den nächsten Trigger. Es stehen folgende Burst-Triggerquellen zur Auswahl: interner Trigger, manueller Trigger (Betätigung der Taste Trigger),

externer Trigger (ein Signal am rückseitigen Anschluss *Trig In*) oder Software-Trigger (Triggerbefehl über die Fernsteuerungsschnittstelle).

- *Betriebsart „External Gated Burst“*: In dieser Betriebsart wird das Ausgangssignal durch ein externes Torsignal am rückseitigen Anschluss *Trig In* aus- oder eingeschaltet. Solange das Torsignal *TRUE* ist, gibt der Funktionsgenerator ein kontinuierliches Signal aus. Wenn das Torsignal in den Zustand *FALSE* übergeht, wird die Signalausgabe nach dem Ende des aktuellen Signalzyklus beendet. Die Ausgangsspannung bleibt auf dem durch die Start-Burst-Phase der gewählten Signalform vorgegebenen Wert. Bei der Signalform „Noise“ wird die Signalausgabe beim TRUE/FALSE-Übergang des Torsignals sofort beendet.

	„Burst Mode“ (BURS:MODE)	**„Burst Count“** (BURS:NCYC)	**„Burst Period“** (BURS:INT:PER)	**„Burst Phase“** (BURS:PHAS)	**„Trigger Source“** (TRIG:SOUR)
Betriebsart „Triggered Burst“: Interner Trigger	TRIGgered	Verfügbar	Verfügbar	Verfügbar	IMMediate
Betriebsart „Triggered Burst“: Externer Trigger	TRIGgered	Verfügbar	–	Verfügbar	EXTernal, BUS
Betriebsart „Gated Burst“: Externer Trigger	GATed	–	–	Verfügbar	–

- In der Betriebsart *„Gated“* sind die Parameter „Burst count“, „Burst period“ und „Trigger source“ ohne Bedeutung. (Diese Parameter betreffen nur die Betriebsart „Triggered burst“). Falls der Funktionsgenerator einen manuellen Trigger empfängt, ignoriert es diesen, ohne eine Fehlermeldung anzuzeigen.
- In der Betriebsart *Gated* können Sie die Polarität des Signals am rückseitigen Anschluss *Trig In* wählen.
- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie nach dem Aktivieren der Betriebsart „Burst“ den Softkey **N Cycle** (getriggert) oder **Gated** (torgesteuert).

Die Polarität des externen Torsignals am Anschluss *Trig In* können Sie mit dem Softkey **Polarity** wählen. Die Standardpolarität ist POS (TRUE = HIGH).

- *Fernsteuerung*:

```
BURSt:MODE {TRIGgered|GATed}
```

Mit dem folgenden Befehl können Sie die Polarität des externen Torsignals am Anschluss *Trig In* wählen. Die Standardpolarität ist NORM (TRUE = HIGH).

```
BURSt:GATE:POLarity {NORMal|INVerted}
```


Signalfrequenz

Die *Signalfrequenz* bestimmt die Wiederholrate des Bursts (in beiden Burst-Betriebsarten, getriggert und torgesteuert). In der Betriebsart *„triggered“* wird ein Signal mit der spezifizierten Signalfrequenz mit der durch *„Burst count“* spezifizierten Anzahl von Zyklen ausgegeben. In der Betriebsart *„external gated“* wird ein Signal mit der spezifizierten Signalfrequenz dann und nur dann ausgegeben, wenn das externe Torsignalsignal sich im Zustand TRUE befindet.

Beachten Sie, dass die Signalfrequenz nicht mit der Burst-Periode identisch ist. Letztere spezifiziert (in der getriggerten Betriebsart) das Zeitintervall zwischen den Bursts.

- Signalfrequenz: 1 mHz bis 20 MHz (bzw. bis 200 kHz für Sägezahn; bis 6 MHz für Arbiträrsignale). *Der Standardwert für die Signalfrequenz ist 1 kHz*. (Bei einem *intern getriggerten* Burst-Signal liegt die Mindestfrequenz bei 2,001 mHz.) Für die Betriebsart „Burst“ sind die Signalformen „Sine“, „Square“, „Ramp“, „Pulse“ oder „Arbitrary“ verfügbar. (Die Signalform „DC“ ist nicht verfügbar und die Signalform „Noise“ nur in der Betriebsart „Gated burst“).
- Für Sinus- und Rechtecksignale sind Frequenzen oberhalb von 6 MHz nur in der Betriebsart „infinite burst count“ zulässig.

- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie zum Einstellen der Signalfrequenz den Softkey **Freq** für die gewählte Funktion. Geben Sie dann mit dem Drehknopf oder über die Zifferntastatur die gewünschte Frequenz ein.
- *Fernsteuerung*:

  ```
  FREQuency {<Frequenz>|MINimum|MAXimum}
  ```

  Alternativ können Sie mit dem Befehl `APPLy` die Ausgangsfunktion, die Frequenz, die Amplitude und den Offset gleichzeitig wählen.

Burst-Anzahl

Die Burst-Anzahl spezifiziert die Anzahl der pro Burst auszugebenden Zyklen. *Betrifft nur die (intern oder extern) getriggerte Burst-Betriebsart*.

- Burst-Anzahl: 1 bis 50 000 Zyklen, Schrittweite 1 Zyklus. Alternativ können Sie eine unendliche Anzahl von Zyklen wählen. *Der Standardwert ist 1 Zyklus*.
- Wenn die Triggerquelle *Internal* gewählt wurde, wird die spezifizierte Anzahl von Zyklen kontinuierlich mit der durch den Parameter *Burst period* spezifizierten Rate ausgegeben. Die Burst-Periode spezifiziert das Zeitintervall zwischen den Bursts.
- Wenn die Triggerquelle *Internal* gewählt wurde, muss die Burst-Anzahl kleiner als das Produkt aus der Burst-Periode und der Signalfrequenz sein:

  Burst-Anzahl < Burst-Periode X Signalfrequenz

- Falls diese Bedingung nicht erfüllt ist, vergrößert der Funktionsgenerator die Burst-Periode automatisch bis zum Maximalwert. (Die Signalfrequenz bleibt dabei *unverändert*).
- In der Burst-Betriebsart *Gated* ist die spezifizierte Burst-Anzahl ohne Bedeutung. Wenn Sie jedoch die Burst-Anzahl durch einen Fernsteuerungsbefehl ändern, während der Funktionsgenerator sich in der Burst-Betriebsart „Gated“ befindet, behält der Funktionsgenerator die neue Burst-Anzahl „im Gedächtnis“ und verwendet nach dem Umschalten in die Betriebsart „Triggered“ diesen Wert.

- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie den Softkey **#Cycles**, und geben Sie mit dem Drehknopf oder über die Zifferntastatur die gewünschte Burst-Anzahl ein. Wenn Sie die Burst-Anzahl „unendlich“ einstellen möchten, bringen Sie den Softkey **#Cycles** durch nochmaliges Drücken in die Stellung **Infinite**. (Durch Drücken der Taste (Trigger) wird das Signal gestartet und durch erneutes Drücken beendet.)

- *Fernsteuerung*:

```
BURSt:NCYCles {<Anzahl der Zyklen>
               |INFinity|MINimum|MAXimum}
```


Burst-Periode

Die *Burst-Periode* ist das Zeitintervall zwischen dem Anfang eines Bursts und dem Anfang des nächsten Bursts. *Dieser Parameter betrifft nur die intern getriggerte Burst-Betriebsart.*

Beachten Sie, dass die Burst-Periode nicht mit der Signalfrequenz identisch ist. Letztere spezifiziert die Frequenz des als Burst ausgegebenen Signals.

- Burst-Periode: 1 µs bis 500 s. *Der Standardwert ist 10 ms.*

- Die spezifizierte Burst-Periode ist nur wirksam, wenn die Triggerquelle *Internal* gewählt wurde. Bei manueller oder externer Triggerung (oder in der Burst-Betriebsart *Gated*) ist die Burst-Periode ohne Bedeutung.

- Es ist *nicht* möglich, eine Burst-Periode zu spezifizieren, die so kurz ist, dass die spezifizierte Anzahl von Bursts mit der spezifizierten Frequenz nicht ausgegeben werden kann (*siehe untenstehende Formel*). Falls Sie versuchen, eine zu kurze Burst-Periode zu spezifizieren, wird sie automatisch auf einen geeigneten Wert abgeändert.

$$\text{Burst-Periode} > \frac{\text{Burst-Anzahl}}{\text{Signalfrequenz}} + 200\ \text{ns}$$

- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie den Softkey **Burst Period**, und geben Sie mit dem Drehknopf oder über die Zifferntastatur die gewünschte Burst-Periode ein.

- *Fernsteuerung*:

```
BURSt:INTernal:PERiod {<Sekunden>|MINimum|MAXimum}
```

Burst-Phase

Der Parameter *Burst phase* spezifiziert die Start-Phase des Bursts.

- Burst-Phase: -360 Grad bis +360 Grad. *Der Standardwert ist 0 Grad.*
- Über die Fernsteuerungsschnittstelle können Sie mit dem Befehl `UNIT:ANGL` die Start-Phase in Grad oder rad spezifizieren (siehe Seite 244).
- Im Display wird die Start-Phase stets in Grad angezeigt (die Einheit rad ist nicht verfügbar). Wenn Sie die Start-Phase über die Fernsteuerungsschnittstelle spezifizieren und dann auf manuelle Bedienung umschalten, wird der Start-Phasenwert automatisch in Grad umgerechnet.
- Bei den Signalformen „Sine“, „Square“ und „Ramp“ entspricht 0 Grad dem Punkt, an dem das Signal die Nulllinie (bzw. die Offsetspannungslinie) von unten nach oben schneidet. Bei Ausgangssignalen entspricht 0 Grad dem ersten in den Signalspeicher heruntergeladenen Signalpunkt. Bei den Signalformen „Pulse“ und „Noise“ ist die Burst-Phase ohne Bedeutung.
- Die Burst-Phase ist auch in der Burst-Betriebsart *Gated* signifikant. Wenn das Torsignal in den *FALSE*-Zustand übergeht, wird der aktuelle Signalzyklus noch zu Ende geführt; anschließend wird die Signalausgabe gestoppt. Die Ausgangsspannung verbleibt auf dem der Burst-Start-Phase entsprechenden Wert.
- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie den Softkey **Start Phase**, und geben Sie mit dem Drehknopf oder über die Zifferntastatur den gewünschten Phasenwinkel in Grad ein.
- *Fernsteuerung*:

```
BURSt:PHASe {<Winkel>|MINimum|MAXimum}
```

Burst-Triggerquelle

In der Burst-Betriebsart *triggered* gibt der Signalgenerator nach dem Empfang eines Triggers einen Burst mit der spezifizierten Anzahl von Zyklen (*Burst count*) aus. Danach wartet der Signalgenerator auf den nächsten Trigger. *Beim Einschalten des Gerätes wird automatisch die Burst-Betriebsart „internally triggered“ gewählt.*

- Burst-Triggerquelle: **„Internal“**, „External“ oder „Manual“. *Die Standardeinstellung ist „Internal“.*
- Wenn die Triggerquelle *Internal* (sofortige Triggerung) gewählt wurde, wird die Frequenz, mit welcher der Burst ausgegeben wird, durch die *Burst-Periode* bestimmt.
- Wenn Sie die Wobbel-Triggerquelle *External* wählen, wartet der Funktionsgenerator auf ein Triggersignal über den rückseitigen Eingang *Trig In*. Jedesmal, wenn der Funktionsgenerator über den Eingang *Trig In* einen TTL-Impuls mit der spezifizierten Polarität empfängt, gibt er die spezifizierte Anzahl von Zyklen aus. Externe Trigger, die während eines Bursts empfangen werden, werden ignoriert.
- Wenn die Triggerquelle *Manual* gewählt wurde, gibt der Funktionsgenerator jedesmal, wenn die Taste (Trigger) gedrückt wird, einen einzelnen Burst aus.
- Wenn die Triggerquelle *External* oder *Manual* gewählt wurde, sind die Parameter *Burst count* und *Burst phase* wirksam, aber der Parameter *Burst period* wird ignoriert.
- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie den Softkey **Trigger Setup**, und wählen Sie anschließend mit dem Softkey **Source** die gewählte Wobbel-Triggerquelle.

  Spezifizieren Sie, ob der Funktionsgenerator auf die positive oder negative Flanke des Signals am Eingang *Trig In* triggern soll: Drücken Sie den Softkey **Trigger Setup**, und wählen Sie mit dem Softkey **Slope** die gewünschte Flanke.

- *Fernsteuerung*:

  ```
  TRIGger:SOURce {IMMediate|EXTernal|BUS}
  ```

  Spezifizieren Sie gegebenenfalls mit dem folgenden Befehl, ob der Funktionsgenerator auf die positive oder negative Flanke des Signals am Eingang *Trig In* triggern soll:

  ```
  TRIGger:SLOPe {POSitive|NEGative}
  ```

  Weitere Informationen hierzu siehe „Triggerung“ auf Seite 123.

„Trigger Out“-Signal

Am rückseitigen Ausgang *Trig Out* ist (*nur in den Burst- und Trigger-betriebsarten*) ein Triggersignal zur Synchronisation externer Geräte verfügbar. Wenn dieser Ausgang aktiviert wurde, wird am Anfang eines jeden Wobbelzyklus eine positive TTL-Flanke (Standardeinstellung) oder negative TTL-Flanke über den Ausgang *Trig Out* ausgegeben.

- Wenn die Triggerquelle *Internal* (sofortige Triggerung) gewählt wurde, gibt der Funktionsgenerator am Anfang des Wobbelzyklus über den Anschluss *Trig Out* ein Rechtecksignal mit einem Tastverhältnis von 50 % aus. Die Frequenz dieses Signals ist gleich der spezifizierten *Burst-Periode*.
- Beim Wählen der Triggerquelle *External* wird das „Trigger out“-Signal automatisch deaktiviert. In diesem Fall dient der Anschluss *Trig Out* zur Triggerung des Funktionsgenerators durch ein externes Signal.
- Wenn die Triggerquelle *Manual* gewählt wurde, gibt der Funktionsgenerator am Anfang eines jeden Bursts über den Anschluss *Trig Out* einen Puls (Breite >1 µs) aus.
- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie nach der Wahl der Burst-Betriebsart den Softkey **Trigger Setup**. Wählen Sie anschließend mit dem Softkey **Trig Out** die gewünschte Flanke.
- *Fernsteuerung*:

```
OUTPut:TRIGger:SLOPe {POSitive|NEGative}
OUTPut:TRIGger {OFF|ON}
```

Triggerung

Betrifft nur die Wobbel- und Burst-Betriebsarten. Ein Wobbelzyklus oder Burst kann durch einen *internen*, einen *externen* oder einen *manuellen* Trigger ausgelöst werden.

- Beim Einschalten des Funktionsgenerators wird automatisch die Triggerbetriebsart „internal“ (automatische Triggerung) gewählt. Bei interner Triggerung gibt der Funktionsgenerator in der Wobbel- oder Burst-Betriebsart ein kontinuierliches Signal aus.
- Bei externer Triggerung wird der Wobbelzyklus oder Burst durch ein externes Signal am rückseitigen Eingang *Trig In* ausgelöst. Jeder TTL-Puls am Eingang *Trig In* löst einen einzelnen Wobbelzyklus bzw. Burst aus. Sie können wählen, ob der Funktionsgenerator auf die positive oder negative Flanke des externen Triggersignals triggert.
- Bei manueller Triggerung wird jedesmal, wenn Sie die Taste Trigger drücken, ein einzelner Wobbelzyklus bzw. Burst ausgelöst. Wenn Sie diese Taste längere Zeit gedrückt lassen, wird der Funktionsgenerator wiederholt getriggert.
- In der Fernsteuerungsbetriebsart oder wenn eine andere Funktion als Wobbelung oder Burst gewählt wurde, ist die Taste Trigger deaktiviert.

Triggerquellen

Betrifft nur die Wobbel- und Burst-Betriebsarten. Sie müssen die Quelle spezifizieren, aus welcher der Funktionsgenerator einen Trigger akzeptiert.

- Wobbel-Triggerquelle: **„Internal“**, „External“ oder „Manual“. *Die Standardeinstellung ist „Internal“.*
- Der Funktionsgenerator akzeptiert einen manuellen Trigger, einen Hardware-Trigger über den rückseitigen Eingang *Trig In* oder einen internen Trigger (kontinuierliche Ausgabe von Wobbelzyklen oder Bursts). *Beim Einschalten des Gerätes wird automatisch die interne Triggerquelle gewählt.*

- Die Information darüber, welche Triggerquelle gewählt wurde, wird in einem *flüchtigen* Speicher abgelegt. Beim Einschalten des Gerätes wird automatisch die Triggerquelle „Internal“ gewählt; bei einem Reset über die Fernsteuerungsschnittstelle wird die Triggerquelle „Immediate“ gewählt. (Voraussetzung ist, dass der Einschalt-Zustand des Gerätes auf „default“ gesetzt ist.)
- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie nach der Wahl der Wobbel- oder Burst-Betriebsart den Softkey **Trigger Setup**. Wählen Sie anschließend mit dem Softkey **Source** die gewünschte Triggerquelle.
- *Fernsteuerung*:

  ```
  TRIGger:SOURce {IMMediate|EXTernal|BUS}
  ```

  Der Befehl `APPLy` wählt automatisch die Triggerquelle *Immediate*.

Interne Triggerung. In der Triggerbetriebsart „Internal“ gibt der Funktionsgenerator eine kontinuierliche Folge von Wobbelzyklen bzw. Bursts aus (gemäß den Einstellungen *Sweep time* bzw. *Burst period*). „Internal“ ist die Standardtriggerquelle sowohl für die manuelle Betriebsart als auch für den Fernsteuerungsbetrieb.

- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie den Softkey **Trigger Setup**, und wählen Sie mit dem Softkey **Source Int** die interne Triggerquelle.
- *Fernsteuerung*:

  ```
  TRIGger:SOURce IMMediate
  ```

Manuelle Triggerung. In der Triggerbetriebsart „Manual“ (die nur in der manuellen Betriebsart verfügbar ist) können Sie den Funktionsgenerator durch Drücken der Taste (Trigger) manuell triggern. Jedesmal wenn Sie diese Taste drücken, gibt der Funktionsgenerator einen einzelnen Wobbelzyklus bzw. Burst aus. Wenn der Funktionsgenerator auf einen manuellen Trigger wartet, leuchtet die Taste (Trigger). (Im Fernsteuerungsbetrieb ist diese Taste deaktiviert.)

Externe Triggerung. In der Triggerbetriebsart „External“ akzeptiert der Funktionsgenerator einen Hardware-Trigger über den rückseitigen Eingang *Trig In*. Jede TTL-Flanke am Eingang *Trig In*, welche die spezifizierte Polarität aufweist, löst einen einzelnen Wobbelzyklus bzw. Burst aus.

Siehe hierzu auch „„Trigger In“-Signal“ weiter unten in diesem Kapitel.

- *Manuelle Bedienung*: Die Triggerbetriebsart „External“ unterscheidet sich im wesentlichen nur dadurch von der Triggerbetriebsart „Manual“, dass die Triggerung über den Eingang *Trig In* erfolgt statt durch Drücken einer Taste. Drücken Sie zur Wahl der Triggerquelle „External“ den Softkey **Trigger Setup** und anschließend den Softkey **Source Ext.**

  Drücken Sie zur Wahl der Triggerflanke den Softkey **Trigger Setup**, und wählen anschließend mit dem Softkey **Slope** die positive oder die negative Flanke.

- *Fernsteuerung*:

  ```
  TRIGger:SOURce EXTernal
  ```

  Spezifizieren Sie mit dem folgenden Befehl die Triggerflanke (positiv oder negativ):

  ```
  TRIGger:SLOPe {POSitive|NEGative}
  ```

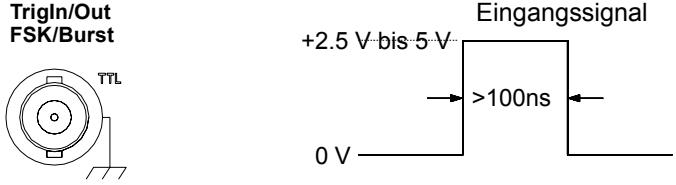
Software- (Bus-) Triggerung. Die Triggerbetriebsart „Bus“ ist nur im Fernsteuerungsbetrieb verfügbar. Diese Triggerbetriebsart unterscheidet sich im wesentlichen nur dadurch von der Betriebsart „Manual“, dass die Triggerung durch einen Bus-Trigger-Befehl erfolgt statt durch Drücken einer Taste. Jeder über die Fernsteuerungsschnittstelle empfangene Bus-Trigger-Befehl löst einen einzelnen Wobbelzyklus bzw. Burst aus.

- Senden Sie zur Wahl der Triggerquelle „Bus“ den folgenden Befehl:

  ```
  TRIGger:SOURce BUS
  ```

- Wenn der Funktionsgenerator sich in der Triggerbetriebsart *Bus* befindet, können Sie ihn triggern, indem Sie den Befehl `TRIG` oder `*TRG` über die Fernsteuerungsschnittstelle (GPIB, USB oder LAN) senden. Wenn der Funktionsgenerator auf einen Bus-Trigger wartet, leuchtet die Taste (Trigger).

„Trigger In"-Signal



Die Abbildung zeigt die positive Flanke.

Dieser rückseitige Anschluss wird in den folgenden Betriebsarten benutzt:

- *Betriebsart „Triggered sweep"*: Drücken Sie zur Wahl der externen Triggerquelle den Softkey **Trigger Setup**, und wählen Sie dann **Source Ext**, oder senden Sie den Befehl `TRIG:SOUR EXT` über die Fernsteuerungsschnittstelle (die Wobbelbetriebsart muss aktiv sein). Jede positive oder negative Signalflanke (je nachdem, welche Triggerflanke Sie spezifiziert haben) am Eingang *Trig In* löst einen einzelnen Wobbelzyklus aus.

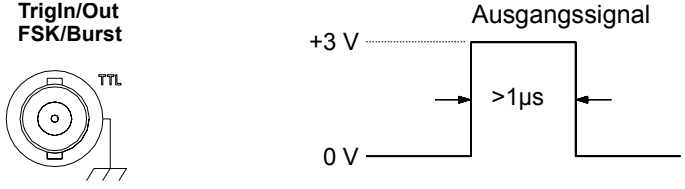
- *Betriebsart „Externally-Modulated FSK"*: Drücken Sie zuw Wahl der Betriebsart „Externally-modulated FSK" den Softkey **Source**, oder senden Sie den Befehl `FSK:SOUR EXT` über die Fernsteuerungsschnittstelle (die Betriebsart FSK muss bereits aktiv sein). Wenn das externe Signal sich im *LOW*-Zustand befindet, wird die *Trägerfrequenz* ausgegeben. Wenn das externe Signal sich im *HIGH*-Zustand befindet, wird die *„Hop"-Frequenz* ausgegeben. Die maximal zulässige FSK-Rate bei externer Modulation ist 100 kHz.

- *Betriebsart „Triggered Burst"*: Drücken Sie zur Wahl der externen Triggerquelle den Softkey **Trigger Setup**, und wählen Sie dann **Source Ext**, oder senden Sie den Befehl `TRIG:SOUR EXT` über die Fernsteuerungsschnittstelle (die Burst-Betriebsart muss bereits aktiv sein). Der Funktionsgenerator gibt jedesmal, wenn er aus der spezifizierten Triggerquelle einen Trigger empfängt, einen Burst mit der spezifizierten Anzahl von Zyklen (*Burst count*) aus.

- *Betriebsart „External Gated Burst“*: Drücken Sie zum Aktivieren der Betriebsart „External Gated Burst“ den Softkey **Gated**, oder senden Sie den Befehl `BURS:MODE GAT` über die Fernsteuerungsschnittstelle (die Burst-Betriebsart muss bereits aktiv sein). Solange das externe Torsignal *TRUE* ist, gibt der Funktionsgenerator ein kontinuierliches Signal aus. Wenn das externe Torsignal in den Zustand *FALSE* übergeht, wird die Signalausgabe nach dem Ende des aktuellen Signalzyklus beendet. Die Ausgangsspannung bleibt anschließend auf dem durch die Start-Burst-Phase vorgegebenen Wert. Bei der Signalform „Noise“ wird die Signalausgabe beim TRUE/FALSE-Übergang des Torsignals sofort beendet.

„Trigger Out“-Signal

Am rückseitigen Ausgang *Trig Out* ist (*nur in den Wobbel- und Burst-Betriebsarten*) ein Triggersignal zur Synchronisation externer Geräte verfügbar. Wenn dieser Ausgang aktiv ist, wird am Anfang eines jeden Wobbelzyklus oder Bursts eine positive TTL-Flanke (Standardeinstellung) oder negative TTL-Flanke über den Ausgang *Trig Out* ausgegeben.



Die Abbildung zeigt die positive Flanke.

- Wenn die Triggerquelle *Internal* (sofortige Triggerung) gewählt wurde, gibt der Funktionsgenerator am Anfang des Wobbelzyklus oder Bursts über den Anschluss *Trig Out* ein Rechtecksignal mit einem Tastverhältnis von 50 % aus. Die Frequenz dieses Signals entspricht der spezifizierten *Wobbelzeit* bzw. der spezifizierten *Burst-Periode*.

- Beim Wählen der Triggerquelle *External* wird das „Trigger out“-Signal automatisch deaktiviert. In diesem Fall dient der Anschluss *Trig In/Out* zur Triggerung des Funktionsgenerators durch ein externes Signal.

- Wenn die Triggerquelle *Bus* (Software) oder eine manuelle Triggerquelle gewählt wurde, gibt der Funktionsgenerator am Anfang eines jeden Wobbelzyklus oder Bursts über den Anschluss *Trig Out* einen Puls (Breite >1 µs) aus.
- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie nach der Wahl der Wobbel- oder Burst-Betriebsart den Softkey **Trigger Setup**. Wählen Sie anschließend mit dem Softkey **Trig Out** die gewünschte Flanke.
- *Fernsteuerung*:

```
OUTPut:TRIGger:SLOPe {POSitive|NEGative}
OUTPut:TRIGger {OFF|ON}
```

Arbiträrsignale

Fünf verschiedene, unveränderliche Standard-Arbiträrsignale sind in einem nichtflüchtigen Speicher abgelegt. Sie haben die Möglichkeit, bis zu vier benutzerdefinierte Arbiträrsignale in einem nichtflüchtigen Speicher und ein weiteres in einem flüchtigen Speicher abzulegen. Jedes dieser Signale kann aus bis zu 65 536 (64 K) Punkten bestehen; die Mindestlänge ist ein Punkt (DC-Spannung).

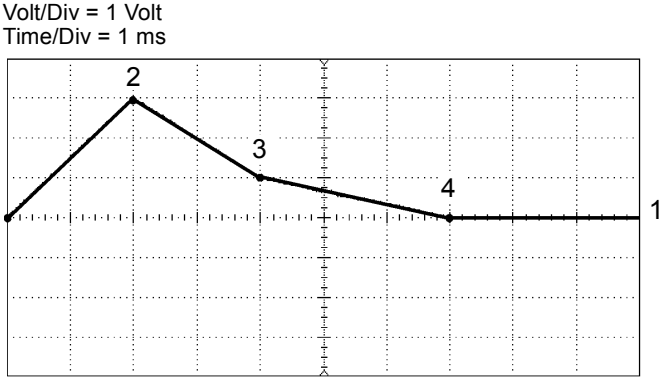
Wie im folgenden Abschnitt beschrieben, kann ein Arbiträrsignal über die Frontplatte definiert werden. Hierzu kann ebenfalls die Software Agilent IntuiLink eingesetzt werden, die auf der mit dem Funktionsgenerator Agilent 33220A gelieferten CD-ROM enthalten ist. Mit der Software Agilent IntuiLink kann über eine grafische Benutzerschnittstelle auf Ihrem Rechner ein Arbiträrsignal definiert werden, das dann auf den Funktionsgenerator geladen wird. Signale können desweiteren über das Agilent-Oszilloskop aufgezeichnet und nach IntuiLink importiert werden. Weitere Einzelheiten entnehmen Sie bitte der Online-Hilfe, die im Lieferumfang der Software Agilent InfuiLink enthalten ist.

Hinweis: *Sie können Signale mit bis zu 65 536 (64 K) Datenpunkten von Ihrem Rechner in den Funktionsgenerator Agilent 33220A laden. Über die Frontplatte können jedoch nur Signale mit maximal 16 384 (16 K) Datenpunkten definiert oder bearbeitet werden.*

Informationen über das Herunterladen und Ausgeben von Arbiträrsignalen siehe Kapitel 7, „Tutorial“.

Definieren und Abspeichern eines Arbiträrsignals

Das nachfolgende Beispiel zeigt, wie ein Arbiträrsignal in der manuellen Betriebsart definiert und abgespeichert wird. Das Herunterladen eines Arbiträrsignals über die Fernsteuerungsschnittstelle wird im Abschnitt „Arbiträrsignal-Befehle“ beschrieben, der auf Seite 250 anfängt. In diesem Beispiel werden Sie das unten abgebildete, sägezahnähnliche Signal definieren und abspeichern.



1 Wählen Sie die Ausgangsfunktion „Arbitrary“.

Wenn Sie zur Wahl der Ausgangsfunktion „Arbitrary“ die Taste Arb drücken, wird im Display kurzzeitig die derzeit gewählte Signalform angezeigt.

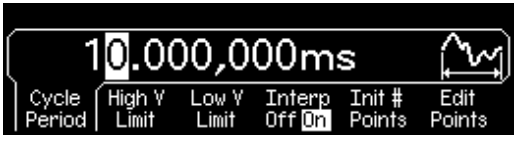
2 Starten Sie den Arbiträrsignal-Editor.

Drücken Sie zum Starten des Arbiträrsignal-Editors den Softkey **Create New**. Im Arbiträrsignal-Editor definieren Sie die Signalform, indem Sie für jeden Signalpunkt einen Zeitwert und einen Spannungswert eingeben. Beim Definieren eines neuen Arbiträrsignals wird das im flüchtigen Speicher enthaltene Signal überschrieben.

3 Spezifizieren Sie die Signalperiode.

Drücken Sie zum Spezifizieren der *Zeitgrenzen* für das Signal den Softkey **Cycle Period**. Der Zeitwert des letzten Signalpunktes muss *kleiner* als die spezifizierte Periode sein.

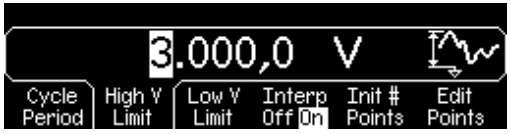
Spezifizieren Sie in diesem Beispiel eine Periode von 10 ms.



4 Spezifizieren Sie die Spannungsgrenzen für das Signal.

Drücken Sie nacheinander die Softkeys **High V Limit** und **Low V Limit**, und spezifizieren Sie den oberen bzw. unteren Spannungsgrenzwert, der beim Erstellen des Signals erreicht werden kann. Der obere Grenzwert *muss* größer als der untere sein. Standardmäßig wird Punkt #1 gleich dem oberen Grenzwert und Punkt #2 gleich dem unteren Grenzwert gesetzt.

Spezifizieren Sie in diesem Beispiel einen oberen Grenzwert von 3.0 V und einen unteren Grenzwert von 0 V.



5 Wählen Sie das Interpolationsverfahren.

Aktivieren oder deaktivieren Sie mit dem Softkey **Interp** die lineare Interpolation zwischen den Signalpunkten (diese Funktion ist nur in der manuellen Betriebsart verfügbar). Bei aktiver Interpolation (Standardeinstellung) verbindet der Arbiträrsignal-Editor die vorgegebenen Signalpunkte automatisch durch eine gerade Linie. Bei inaktiver Interpolation bleibt die Spannung zwischen den Punkten auf dem Pegel des jeweils letzten Punktes, sodass ein stufenförmiges Signal entsteht.

Aktivieren Sie in diesem Beispiel die lineare Interpolation.

6 Spezifizieren Sie die anfängliche Anzahl der Signalpunkte.

Sie können über die Frontplatte Arbiträrsignale mit bis zu 16384 (16 K) Datenpunkten definieren. Der Arbiträrsignal-Editor erstellt zunächst ein Signal aus zwei Punkten und verbindet die beiden Punkte durch eine Gerade. Drücken Sie den Softkey **Init # Points**, und spezifizieren Sie die anfängliche Anzahl der Signalpunkte. (Später können Sie Punkte hinzufügen oder entfernen).

Spezifizieren Sie in diesem Beispiel für „Init # Points“ den Wert „4“.

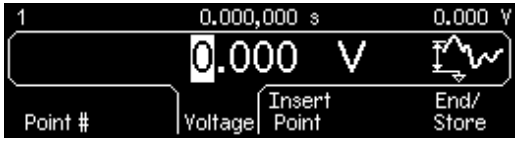
7 Starten Sie die Punkt-für-Punkt-Signalbearbeitung.

Drücken Sie den Softkey **Edit Points**, um die anfängliche Signaldefinition zu akzeptieren und die Punkt-für-Punkt-Signalbearbeitung zu starten. In der Statuszeile am oberen Rand des Displays wird links die Anzahl der Signalpunkte, in der *Mitte* der Zeitwert des aktuellen Punktes und *rechts* der Spannungswert des aktuellen Punktes angezeigt.

8 Definieren Sie den ersten Signalpunkt.

Drücken Sie zum Spezifizieren des Spannungswertes für den Punkt #1 den Softkey **Voltage** (der Zeitwert dieses Punktes ist 0 Sekunden und kann nicht verändert werden). Der Spannungswert des Punktes #1 ist standardmäßig gleich dem oberen Grenzwert.

Spezifizieren Sie in diesem Beispiel für den Punkt #1 einen Spannungswert von 0 V.

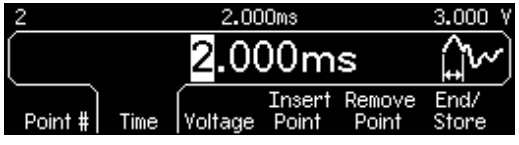


Beachten Sie, dass der Arbiträrsignal-Editor alle Amplitudenberechnungen in der Einheit Vpp (und nicht etwa Vrms oder dBm) durchführt.

9 Definieren Sie den nächsten Signalpunkt.

Drücken Sie den Softkey **Point #**, und wählen Sie mit dem Drehknopf den Punkt #2. Drücken Sie den Softkey **Time**, und spezifizieren Sie den Zeitwert für den aktuellen Punkt (dieser Softkey ist für den Punkt #1 nicht verfügbar). Drücken Sie den Softkey **Voltage**, und spezifizieren Sie den Spannungswert für den aktuellen Punkt.

Spezifizieren Sie in diesem Beispiel den Zeitwert 2 ms und den Spannungswert 3.0 V.



10 Definieren Sie die übrigen Signalpunkte.

Spezifizieren Sie mit Hilfe der Softkeys **Time** und **Voltage** die Zeit- und Spannungswerte der übrigen Signalpunkte. Verwenden Sie die in der nachfolgenden Tabelle angegebenen Werte.

Punkt	Zeitwert	Spannungswert
1	0 s	0 V
2	2 ms	3 V
3	4 ms	1 V
4	7 ms	0 V

- Der Zeitwert des letzten Signalpunktes muss *kleiner* als die spezifizierte Periode sein.
- Der Arbiträrsignal-Editor verbindet automatisch den letzten Signalpunkt mit dem Spannungswert des ersten Punktes, sodass ein kontinuierliches Signal entsteht.
- Wenn Sie einen zusätzlichen Punkt einfügen möchten, drücken Sie den Softkey **Insert Point**. Der neue Punkt wird mittig zwischen dem aktuellen und dem nächstfolgenden Punkt eingefügt.
- Wenn Sie den aktuellen Punkt entfernen möchten, drücken Sie den Softkey **Remove Point**. Die übrigen Punkte werden entsprechend dem gewählten Interpolationsverfahren miteinander verbunden. Der Punkt #1 kann nicht entfernt werden, weil das Signal einen definierten Anfangswert haben muss.

11 Speichern Sie das Arbiträrsignal ab.

Drücken Sie zum Abspeichern des neuen Signals den Softkey **End / Store**. Drücken Sie anschließend den Softkey **DONE**, um das Signal im *flüchtigen* Speicher abzulegen, ***oder*** den Softkey **Store in Non-Vol**, um es in einem der vier *nichtflüchtigen* Speicher abzulegen.

Sie können den vier nichtflüchtigen Signalspeichern einen benutzerdefinierten Namen zuordnen.

- Dieser Name kann bis zu 12 Zeichen enthalten. Das erste Zeichen muss ein Buchstabe sein; die übrigen Zeichen können Buchstaben, Ziffern oder das Unterstrich-Zeichen („_“) sein.

- Wenn Sie ein zusätzliches Zeichen eingeben möchten, setzen Sie den Cursor mit Hilfe des Drehknopfs hinter das letzte Zeichen des aktuellen Namens, und wählen Sie mit dem Drehknopf das gewünschte Zeichen.
- Durch Drücken der Taste [+/-] können Sie alle Zeichen rechts vom Cursor gleichzeitig löschen.

Geben Sie in diesem Beispiel dem Speicherregister 1 den Namen „RAMP_NEW", und drücken Sie zum Abspeichern des Signals den Softkey **STORE ARB**.

Das Signal ist jetzt im nichtflüchtigen Speicher gespeichert und wird ausgegeben. Der Name, unter dem das Signal abgespeichert wurde, wird in der Liste der gespeicherten Signale (die Sie mit dem Softkey **Stored Wform** abrufen können) angezeigt.

Weitere Informationen über Arbiträrsignale

- Wenn Sie sehen möchten, welche Arbiträrsignalform gerade gewählt ist, drücken Sie [Arb]. Im Display erscheint kurzzeitig eine Meldung.
- In der manuellen Betriebsart können Sie nicht nur ein neues Arbiträrsignal definieren, sondern auch bereits existierende Arbiträrsignalemit maximal 16384 Datenpunkten editieren. *Größere Signale mit bis zu 65536 Datenpunkten können nicht über die Frontplatte bearbeitet werden und daher nicht zu diesem Zweck gewählt werden.* Sie können sowohl „kleine" Signale (mit bis zu 16384 Punkten) bearbeiten, die in der manuellen Betriebsart definiert wurden, als auch solche, die über die Fernsteuerungsschnittstelle heruntergeladen wurden. Die fünf internen Standard-Arbiträrsignale können jedoch nicht editiert werden.
- Wenn Sie eines der nichtflüchtig gespeicherten Arbiträrsignale oder das aktuelle, flüchtig gespeicherte Arbiträrsignal editieren möchten, drücken Sie den Softkey **Edit Wform**. Beachten Sie beim Editieren eines existierenden Arbiträrsignals folgende Interaktionen:

- Wenn Sie die Zyklus-Periode *vergrößern*, fallen einige Punkte unter Umständen mit bereits existierenden Punkten zusammen. In diesem Fall bleiben die jeweilig frühesten Punkte erhalten, und alle Duplikate werden entfernt.
- Wenn Sie die Zyklus-Periode *verkleinern*, werden alle Punkte entfernt, die zuvor im Bereich jenseits der neuen Periode definiert wurden.
- Wenn Sie die Spannungsgrenzwerte *vergrößern*, bleiben die Spannungswerte existierender Punkte unverändert, aber die Vertikalauflösung kann sich eventuell etwas verschlechtern.
- Wenn Sie die Spannungsgrenzwerte *verkleinern*, kann es vorkommen, dass einige vorhandene Punkte die neuen Grenzwerte überschreiten. In diesem Fall werden die Spannungswerte solcher Punkte gleich den neuen Grenzwerten gesetzt.

- Wenn Sie ein Arbiträrsignal als *Modulationssignal* für AM, FM, PM oder PWM wählen, wird die Länge des Arbiträrsignals automatisch auf 4 K Punkte begrenzt. Überzählige Signalpunkte werden mittels Dezimierung entfernt.

Übergeordnete Systemfunktionen

Dieser Abschnitt enthält Informationen über Themen wie z. B.: Abspeichern des Gerätezustands, Zurückrufen des Ausschalt-Gerätezustands, Fehlermeldungen, Selbsttest und Display-Steuerung. Diese Informationen betreffen zwar nicht unmittelbar die Ausgabe von Signalen, sind aber dennoch wichtig.

Abspeichern des aktuellen Gerätezustands

Der Funktionsgenerator besitzt fünf nichtflüchtige Register zum Speichern von Gerätezuständen. Diese Register sind von 0 bis 4 nummeriert. Beim Ausschalten des Funktionsgenerators wird der aktuelle Gerätezustand automatisch in das Register „0“ abgespeichert. In der manuellen Betriebsart können Sie den Registern „1“ bis „4“ benutzerdefinierte Namen zuordnen.

- Sie können den aktuellen Gerätezustand in jedes beliebige der fünf Speicherregister abspeichern. Sie können jedoch einen Gerätezustand nur aus einem solchen Register zurückrufen, in das zuvor ein Gerätezustand abgespeichert wurde.
- *Über die Fernsteuerungsschnittstelle* (aber nicht in der manuellen Betriebsart) können Sie zusätzlich einen fünften Gerätezustand in das Register „0“ abspeichern. Dabei müssen Sie jedoch beachten, dass das Register „0“ beim Ausschalten des Gerätes durch den dann aktuellen Zustand überschrieben wird.
- Ein gespeicherter Gerätezustand beinhaltet folgende Informationen: Ausgangsfunktion (einschließlich dem gewählten Arbiträrsignal), Frequenz, Amplitude, DC-Offsetspannung, Tastverhältnis, Symmetrieverhältnis und Modulationsparameter.
- Im Auslieferungszustand des Gerätes sind die Register „1“ bis „4“ leer. (Das Register „0“ enthält den Gerätezustand zum Zeitpunkt des Ausschaltens).
- Beim Ausschalten des Gerätes wird der aktuelle Zustand automatisch in das Register „0“ abgespeichert. Sie können den Funktionsgenerator so konfigurieren, dass dieser Zustand beim Einschalten des Gerätes automatisch wiederhergestellt wird. Im Auslieferungszustand ist der Funktionsgenerator so konfiguriert, dass der beim Einschalten automatisch in die Grundeinstellung gebracht wird.

- Sie können jedem der Register einen benutzerdefinierten Namen zuordnen (dem Register „0“ allerdings nur über die Fernsteuerungsschnittstelle). Die Zuordnung von Namen kann sowohl in der manuellen Betriebsart als auch über die Fernsteuerungsschnittstelle erfolgen. Allerdings ist es nur in der manuellen Betriebsart möglich, gespeicherte Gerätezustände unter ihrem Namen zurückzurufen. Über die Fernsteuerungsschnittstelle können Sie einen gespeicherten Gerätezustand nur unter seiner Registernummer (0 bis 4) zurückrufen.
- Der benutzerdefinierte Name kann bis zu 12 Zeichen enthalten. Das erste Zeichen *muss ein Buchstabe (A-Z) sein;* die übrigen Zeichen können Buchstaben, Ziffern (0-9) oder das Unterstrich-Zeichen („_“) sein. Leerzeichen sind nicht erlaubt. Wenn Sie einen Namen mit mehr als 12 Zeichen spezifizieren, erfolgt eine Fehlermeldung.
- Beachten Sie, dass der Funktionsgenerator Sie *nicht* daran hindert, mehreren Registern den *gleichen* benutzerdefinierten Namen zuzuordnen. Beispielsweise können Sie den Registern „1“ und „2“ den gleichen Namen zuordnen.
- Wenn Sie nach dem Abspeichern des Gerätezustands ein Arbiträrsignal aus dem nichtflüchtigen Speicher löschen, gehen die Signaldaten verloren, und der Funktionsgenerator gibt bei einem späteren Zurückrufen des Gerätezustands das Signal *nicht* aus. Statt des gelöschten Signals wird das interne Arbiträrsignal „exponential rise“ ausgegeben.
- Beim Abspeichern des Gerätezustands wird auch der aktuelle Display-Zustand (*siehe „Display-Steuerung“ auf Seite 142*) abgespeichert. Wenn Sie den Gerätezustand zurückrufen, wird auch der Display-Zustand wiederhergestellt.
- Ein Reset beeinflusst *nicht* die gespeicherten Gerätezustände. Ein gespeicherter Zustand bleibt so lange erhalten, bis er von einem anderen Gerätezustand überschrieben oder explizit gelöscht wird.
- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie Store/Recall und anschließend den Softkey **Store State** oder **Recall State**. Drücken Sie zum Löschen eines gespeicherten Gerätezustands den Softkey **Delete State**. (Dadurch wird auch der benutzerdefinierte Name des betreffenden Registers gelöscht.)

Wenn Sie den Funktionsgenerator so konfigurieren möchten, dass er beim Einschalten in die Grundeinstellung gebracht wird, drücken Sie Store/Recall und dann den Softkey **Pwr-On Default**. Wenn Sie den Funktionsgenerator so konfigurieren möchten, dass beim Einschalten der Gerätezustand zum Zeitpunkt des Ausschaltens wiederhergestellt wird, drücken Sie Store/Recall und dann den Softkey **Pwr-On Last**.

Sie können jedem der vier Speicherregister einen benutzerdefinierten Namen zuordnen.

- Dieser Name kann bis zu 12 Zeichen enthalten. Das erste Zeichen muss ein Buchstabe sein; die übrigen Zeichen können Buchstaben, Ziffern oder das Unterstrich-Zeichen („_“) sein.
- Wenn Sie ein zusätzliches Zeichen eingeben möchten, drücken Sie die rechte Pfeiltaste so oft, bis der Cursor sich rechts vom derzeitigen Namen befindet, und drehen Sie dann am Drehknopf.
- Durch Drücken der Taste +/- können Sie alle Zeichen rechts vom Cursor gleichzeitig löschen.

- *Fernsteuerung*:

`*SAV {0|1|2|3|4}`	*Der Gerätezustand 0 ist der Zustand beim Ausschalten des Funktionsgenerators.*
`*RCL {0|1|2|3|4}`	*Die Gerätezustände 1, 2, 3 und 4 sind benutzerdefinierte Zustände.*

Wenn Sie einem gespeicherten Zustand, der in der manuellen Betriebsart zurückgerufen werden soll, einen benutzerdefinierten Namen zuordnen möchten, senden Sie den folgenden Befehl. Über die Fernsteuerungsschnittstelle können Sie einen gespeicherten Gerätezustand nur unter seiner Registernummer (0 bis 4) zurückrufen.

```
MEM:STATE:NAME 1,TEST_WFORM_1
```

Wenn Sie den Funktionsgenerator so konfigurieren möchten, dass beim Einschalten der Gerätezustand zum Zeitpunkt des Ausschaltens zurückgerufen wird, senden Sie den folgenden Befehl.

```
MEMory:STATe:RECall:AUTO ON
```

Fehlerhafte Zustände

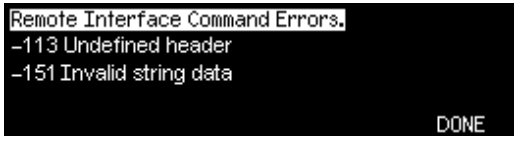
Der Funktionsgenerator enthält eine Fehlerwarteschlange, die bis zu 20 Fehlermeldungen über Befehlssyntax- oder Hardware-Fehler aufnehmen kann. *Eine vollständige Liste der möglichen Fehlermeldungen finden Sie in Kapitel 5.*

- Den Inhalt der Fehlerwarteschlange können Sie abfragen. Bei der Fehlerwarteschlange handelt es sich um einen FIFO- (First-in-first-out) Speicher. Das bedeutet, dass die erste eingespeicherte Fehlermeldung auch als erste ausgegeben wird. Beim Abfragen einer Fehlermeldung wird diese aus der Fehlerwarteschlange gelöscht. Beim Auftreten eines Fehlers ertönt ein Piepton (es sei denn, Sie haben den Piepton deaktiviert).

- Wenn mehr als 20 Fehler aufgetreten sind, wird die als letzte gespeicherte Fehlermeldung (über den zuletzt aufgetretenen Fehler) durch die Meldung „*Queue overflow*“ (FIFO-Speicher-Überlauf) ersetzt. Ab diesem Zeitpunkt werden so lange keine weiteren Fehlermeldungen mehr abgespeichert, bis Sie gespeicherte Fehlermeldungen abfragen und dadurch aus der Fehlerwarteschlange löschen. Falls die Fehlerwarteschlange beim Auslesen keine Fehlermeldungen enthält, erfolgt die Meldung „*No error*“ (kein Fehler).

- Die Fehlerwarteschlange wird durch den Befehl `*CLS` (Clear Status) sowie beim Aus- und Wiedereinschalten des Gerätes gelöscht. Auch durch das Auslesen von Fehlermeldungen werden diese aus der Fehlerwarteschlange gelöscht. Durch den Reset-Befehl (`*RST`) wird die Fehlerwarteschlange *nicht* gelöscht.

- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie Help, und wählen Sie dann den Menüpunkt „*Fehlerwarteschlange für externe Befehle anzeigen*“ (zweiter Menüpunkt). Drücken Sie anschließend zur Anzeige der Fehlermeldungen den Softkey **SELECT**. Der erste Fehler in der Liste (d. h. der Fehler an oberster Stelle der Liste) ist der als erster aufgetretene Fehler.



- *Fernsteuerung*:

  `SYSTem:ERRor?` *Dieser Abfragebefehl liest eine Fehlermeldung aus der Fehlerwarteschlange.*

  Fehlermeldungen haben das folgende Format (der Fehlermeldungsstring kann bis zu 255 Zeichen enthalten).

  ```
  -113,"Undefined header"
  ```


Steuerung des akustischen Signals

Wenn (in der manuellen Betriebsart oder im Fernsteuerungsbetrieb) ein Fehler auftritt, ertönt normalerweise ein akustisches Signal (Piepton). Diesen Signalton können Sie bei Bedarf deaktivieren.

- Die Signalton-Einstellung wird *nichtflüchtig* abgespeichert und ändert sich beim Aus- und Wiedereinschalten des Gerätes oder bei einem Reset über die Fernsteuerungsschnittstelle *nicht*. Im Auslieferungszustand des Gerätes ist der Signalton aktiviert.
- Durch das Deaktivieren des Signaltons wird der Klick, der ertönt, wenn Sie eine Taste drücken oder am Drehknopf drehen, *nicht* deaktiviert.
- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie Utility, und wählen Sie im Menü „System“ den Softkey **Beep**.
- *Fernsteuerung*:

  `SYSTem:BEEPer` *Dieser Befehl bewirkt die sofortige Ausgabe des Signaltons*

  `SYSTem:BEEPer:STATe {OFF|ON}` *Dieser Befehl deaktiviert/ aktiviert den Signalton*

Automatische Abschaltung der Display-Hintergrundbeleuchtung

Normalerweise schalten sich das Display und die Hintergrundbeleuchtung automatisch ab, wenn das Gerät acht Stunden lang nicht benutzt wird. In bestimmten Anwendungen kann es zweckmäßig sein, die automatische Abschaltung der Hintergrundbeleuchtung zu unterbinden. *Dies ist nur in der manuellen Betriebsart möglich.*

- Die Hintergrundbeleuchtung-Einstellung wird *nichtflüchtig* abgespeichert und ändert sich beim Aus- und Wiedereinschalten des Gerätes oder bei einem Reset über die Fernsteuerungsschnittstelle *nicht*. Im Auslieferungszustand des Gerätes ist die automatische Abschaltung der Hintergrundbeleuchtung aktiviert.
- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie Utility, und wählen Sie im Menü „System“ den Softkey **Scrn Svr** (Screen Saver).

Display-Kontrast

Zur Optimierung der Lesbarkeit des Displays können Sie den Kontrast einstellen. *Dies ist nur in der manuellen Betriebsart möglich.*

- Display-Kontrast: 15 bis 50. *Der Standardwert ist 30.*
- Die Kontrast-Einstellung wird *nichtflüchtig* abgespeichert und ändert sich beim Aus- und Wiedereinschalten des Gerätes oder bei einem Reset über die Fernsteuerungsschnittstelle *nicht*.
- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie Utility, und wählen Sie im Menü „System“ den Softkey **Display Contr**.

Selbsttest

- Nach dem Einschalten führt der Funktionsgenerator automatisch einen *Selbsttest* durch. Hierbei handelt es sich um einen verkürzten Selbsttest, bei dem lediglich die wichtigsten Gerätefunktionen überprüft werden.
- Ein *vollständiger* Selbsttest umfasst wesentlich mehr Testroutinen und dauert etwa 15 Sekunden. Wenn das Gerät alle Tests besteht, können Sie mit hoher Wahrscheinlichkeit annehmen, dass es völlig in Ordnung ist.
- Wenn beim vollständigen Selbsttest kein Fehler auftritt, wird im Display die Meldung „Self-Test Passed“ angezeigt. Falls beim Selbsttest ein Fehler auftritt, wird die Meldung „Self-Test Failed“ zusammen mit einer Fehlernummer angezeigt. In diesem Fall müssen Sie das Gerät zur Reparatur an ein Service-Zentrum von Agilent Technologies einsenden. Bitte beachten Sie die diesbezüglichen Versandhinweise im *Service Guide* zum Agilent 33220A.
- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie Utility, und wählen Sie im Menü „Test / Cal“ den Softkey **Self Test**.

- *Fernsteuerung*:

  ```
  *TST?
  ```

  Diese Abfrage liefert den Wert „0“, falls das Gerät den Selbsttest bestanden hat, anderenfalls den Wert „1“. Falls das Gerät den Selbsttest nicht besteht, wird außerdem eine Fehlermeldung angezeigt, die Hinweise auf mögliche Fehlerursachen gibt.

Display-Steuerung

Falls es aus Sicherheitsgründen erforderlich ist, oder falls Sie die Befehlsausführungsgeschwindigkeit im Fernsteuerungsbetrieb maximieren möchten, können Sie das Display abschalten. Im Fernsteuerungsbetrieb können Sie eine Meldung (maximal 12 Zeichen) über das Display ausgeben.

- Das Display kann nur durch einen Fernsteuerungsbefehl (nicht über die Frontplatte) abgeschaltet werden.
- Im abgeschalteten Zustand werden im Display keinerlei Informationen angezeigt; die Hintergrundbeleuchtung bleibt jedoch eingeschaltet. Bei abgeschaltetem Display sind alle Tasten außer [Local] gesperrt.
- Wenn das Gerät über die Fernsteuerungsschnittstelle den Befehl zum Anzeigen einer Meldung empfängt, wird die betreffende Meldung auch bei abgeschaltetem Display angezeigt. Ebenso werden Fehler, die mit der Fernsteuerungsschnittstelle zusammenhängen, auch bei abgeschaltetem Display angezeigt.
- Beim Aus- und Wiedereinschalten des Gerätes, bei einem Reset (Befehl `*RST`) und beim Umschalten vom Fernsteuerungsbetrieb auf manuelle Bedienung wird das Display automatisch reaktiviert. Um das Gerät vom Fernsteuerungsbetrieb auf manuelle Bedienung umzuschalten, müssen Sie die Taste [Local] drücken oder den IEEE-488-Befehl GTL (*Go To Local*) senden.
- Wenn Sie den Gerätezustand mit Hilfe des Befehls `*SAV` abspeichern, wird auch der Display-Zustand mit abgespeichert. Wenn Sie einen gespeicherten Gerätezustand mit Hilfe des Befehls `*RCL` zurückrufen, wird auch der Display-Zustand wiederhergestellt.
- Mit Hilfe des Fernsteuerungsbefehls DISP:TEXT können Sie eine Textmeldung über das Display ausgeben. Die Meldung kann Groß-

und Kleinbuchstaben (A-Z), Ziffern (0-9) und alle übrigen druckbaren Zeichen enthalten, die auf einer Computertastatur vorhanden sind. Je nach Anzahl der Zeichen wählt der Funktionsgenerator automatisch eine von zwei möglichen Schriftgrößen. In der großen Schrift können etwa 12 Zeichen angezeigt werden, in der kleinen Schrift etwa 40 Zeichen.

- *Fernsteuerung*: Der folgende Befehl schaltet das Display ab:

```
DISP OFF
```

Der folgende Befehl bewirkt die Anzeige einer Meldung im Display. Falls das Display deaktiviert ist, wird es automatisch reaktiviert.

```
DISP:TEXT 'Test wird ausgeführt...'
```

Der folgende Befehl löscht die Meldung aus dem Display (ohne den Display-Zustand zu verändern):

```
DISP:TEXT CLEAR
```


Zahlenformat

In der manuellen Betriebsart (nicht jedoch im Fernsteuerungsbetrieb) bietet der Funktionsgenerator die Wahl zwischen zwei Formaten für die Anzeige von Zahlen im Display: Dezimalpunkt oder Dezimalkomma.

Dezimalzeichen: Punkt
Zifferntrennzeichen: Komma

Dezimalzeichen: Komma
Zifferntrennzeichen: Keines

- Die Zahlenformat-Einstellung wird *nichtflüchtig* abgespeichert und ändert sich beim Aus- und Wiedereinschalten des Gerätes oder bei einem Reset über die Fernsteuerungsschnittstelle *nicht*. Im Auslieferungszustand des Gerätes wird der Punkt als Dezimalzeichen und das Komma als Zifferntrennzeichen verwendet (Beispiel: 1 kHz wird in der Form „1.000,000,00 kHz“ angezeigt).
- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie Utility, und wählen Sie aus dem Menü „System“ den Softkey **Number Format**.

Abfrage der Firmware-Version

Sie haben die Möglichkeit, die Versionen der installierten Firmware-Komponenten abzufragen. Der Versionscode besteht aus fünf Ziffern im Format „**f.ff-b.bb-aa-p**“

f.ff = Firmware-Versionsnummer
b.bb = Versionsnummer des Boot-Kernel
aa = ASIC-Versionsnummer
p = Versionsnummer der Leiterplatte

- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie Utility, und wählen Sie aus dem Menü „Test / Cal“ den Softkey **Cal Info**. Die Versionsnummer wird daraufhin im Display angezeigt.
- *Fernsteuerung*: Der folgende Befehl fragt die Firmware-Versionsnummern ab (zuvor muss eine String-Variable mit mindestens 50 Zeichen dimensioniert werden).

  ```
  *IDN?
  ```

  Dieser Befehl liefert einen String in folgendem Format zurück:

  Agilent Technologies,**33220A,0,f.ff-b.bb-aa-p**

Abfrage der SCPI-Sprachversion

Der Funktionsgenerator ist mit den Regeln und Konventionen der aktuellen Version von SCPI (*Standard Commands for Programmable Instruments*) konform. Sie können die SCPI-Version, mit der das Gerät konform ist, mit Hilfe eines Fernsteuerungsbefehls abfragen.

Eine Abfrage der SCPI-Version über die Frontplatte ist nicht möglich.

- *Fernsteuerung*:

  ```
  SYSTem:VERSion?
  ```

  Dieser Befehl liefert einen String in folgendem Format zurück: „JJJJ.V“. „JJJJ“ steht für das Jahr, in dem die Version freigegeben wurde; „V“ ist eine Versionsnummer für das betreffende Jahr (Beispiel: 1999.0).

Konfiguration der Fernsteuerungsschnittstelle

Dieser Abschnitt beschreibt, wie der Funktionsgenerator für den Fernsteuerungsbetrieb konfiguriert wird. Informationen darüber, wie das Gerät über die Frontplatte konfiguriert wird, finden Sie im Abschnitt „Konfigurieren der Fernsteuerungsschnittstelle“, der auf Seite 145 anfängt. Informationen über die vom Funktionsgenerator unterstützten SCPI-Befehle finden Sie in Kapitel 4, „Fernsteuerungsschnittstelle – Referenzinformationen“ das auf Seite 165 anfängt.

Der Funktionsgenerator Agilent 33220A unterstützt den Fernsteuerungsbetrieb mit drei unterschiedlichen Schnittstellen: GPIB, USB und LAN. Alle drei Schnittstellen werden mit dem Einschalten des Geräts aktiviert. Im Folgenden werden einige Parameter für die Schnittstellenkonfiguration beschrieben, die möglicherweise in Ihrem Gerät eingestellt werden müssen.

- **GPIB-Schnittstelle.**Sie müssen lediglich die GPIB-Adresse des Funktionsgenerators einstellen und ihn mit einem GPIB-Kabel an Ihren PC anschließen.
- **USB-Schnittstelle.**Der Funktionsgenerator muss nicht konfiguriert werden. Verbinden Sie den Funktionsgenerator mit einem USB-Kabel mit Ihrem PC.
- **LAN-Schnittstelle.** DHCP ist standardmäßig aktiviert; dadurch kann auch die Netzwerk-Kommunikation über die LAN-Schnittstelle bereits aktiviert sein. Möglicherweise müssen einige der im Folgenden für die LAN-Konfiguration beschriebenen Konfigurationsparameter eingestellt werden.

Konnektivitäts-Software und Produkt-CD-ROMs

Der Lieferung des Agilent 33220A liegen zwei CD-ROMs bei:

- **Agilent Automation-Ready CD.** Diese CD-ROM enthält die Software für die Agilent IO Libraries Suite, die für den Fernsteuerungsbetrieb installiert werden muss. Die CD-ROM startet die Installation automatisch und enthält Informationen für die Software-Installation. Weitere Hintergrundinformationen finden Sie im *Agilent Technologies USB/LAN/GPIB Connectivity Guide* auf der CD-ROM.

- **Agilent 33220A Product-Reference CD.** Diese CD-ROM enthält die Gerätetreiber für den Agilent 33220A, die Software für *Agilent Intuilink Waveform Editor*, die vollständige Sammlung der Agilent 33220A Produkthandbücher sowie Programmierungsbeispiele. Die CD-ROM öffnet automatisch die Willkommensseite mit Anweisungen.

GPIB-Konfiguration

Jedem der am GPIB- (IEEE-488) Bus angeschlossenen Geräte muss eine eindeutige Adresse zugeordnet werden. Der Funktionsgenerator kann auf eine beliebige Adresse zwischen 0 und 30 eingestellt werden. Im Auslieferungszustand ist das Gerät auf die Adresse „**10**“ eingestellt. Die GPIB-Adresse wird beim Einschalten des Gerätes angezeigt.

- Die Adresse-Einstellung wird *nichtflüchtig* abgespeichert und ändert sich beim Aus- und Wiedereinschalten des Gerätes oder bei einem Reset über die Fernsteuerungsschnittstelle *nicht*.
- Die GPIB-Schnittstellenkarte Ihres Computers besitzt eine eigene Adresse. Diese Adresse darf für keines der am GPIB-Bus angeschlossenen Geräte verwendet werden.
- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie (Utility), und wählen Sie dann im den Softkey „I/O“. Ändern Sie die Adresse im dann erscheinenden Fenster **GPIB Address** mit Hilfe des Drehknopfes, der Cursortasten oder der Zifferntastatur.
- *Fernsteuerung*:
  ```
  SYSTem:COMMunicate:GPIB:ADDRess <address>
  SYSTem:COMMunicate:GPIB:ADDRess?
  ```

LAN-Konfiguration

In den folgenden Kapiteln werden die Hauptfunktionen der LAN-Konfiguration beschrieben, die Sie mittels des Utility-Menüs der Frontplatte des Agilent 33200A festlegen können. SCPI-Befehle werden aufgeführt (sofern zutreffend). Einige LAN-Konfigurationsfunktionen können ausschließlich mittels der SCPI-Befehle ausgeführt werden. Die vollständige Liste der LAN-Konfigurationsbefehle finden Sie in Kapitel 4 unter „Schnittstellen-Konfigurationsbefehle“.

Hinweis: *Um LAN-Einstellungen zu ändern, muss das Gerät aus- und wiedereingeschaltet werden, damit die neuen Einstellungen aktiviert werden. Dies gilt für sämtliche LAN-Einstellungen, einschließlich der ON- bzw. OFF-Einstellung bei DHCP und Auto IP.*

LAN zurücksetzen Die LAN-Einstellungen können jederzeit auf die Standardwerte zurückgesetzt werden, und das LAN mit der Funktion „Reset LAN" neu gestartet werden:

- *Manuelle Bedienung:* Drücken Sie die Taste Utility und anschließend den Softkey **I/O**. Wählen Sie dann **LAN**, anschließend **Modify Settings** und als Nächstes **IP Setup.** Die Meldung „Restarting LAN" wird angezeigt, während das LAN zurückgesetzt wird.
- Ein SCPI-Befehl zum Zurücksetzen von LAN existiert nicht.

DHCP On/Off (LAN) DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) ist ein Protokoll für die automatische Zuweisung einer dynamischen IP-Adresse an ein Gerät in einem Netzwerk. DHCP ist normalerweise die bequemste Art und Weise, um den Agilent 33220A für den Fernsteuerungsbetrieb über die LAN-Schnittstelle zu konfigurieren.

- Wählen Sie **DHCP On**, wenn DHCP für die automatische Zuweisung einer IP-Adresse genutzt werden soll.
- Die DHCP-Einstellung wird *nichtflüchtig* abgespeichert und ändert sich beim Aus- und Wiedereinschalten des Gerätes oder bei einem Reset über die Fernsteuerungsschnittstelle nicht.
- *Manuelle Bedienung:* Drücken Sie die Taste Utility und anschließend den Softkey **I/O**. Wählen Sie dann **LAN**, anschließend **Modify Settings** und als Nächstes **IP Setup.** DHCP ist standardmäßig auf „On" gesetzt. Durch Drücken des Softkeys **DHCP On/Off** können Sie DHCP deaktivieren bzw. durch erneutes Drücken wieder aktivieren.
- Ein SCPI-Befehl zum Einstellen von DHCP On/Off existiert nicht.

Auto IP On/Off (LAN) Auto IP ist ein weiteres Protokoll für die automatische Zuweisung einer dynamischen IP-Adresse an ein Gerät in einem Netzwerk. Normalerweise versucht Auto IP eine IP-Adresse zuzuweisen, wenn DHCP dazu nicht in der Lage ist.

- Wählen Sie **Auto IP On,** wenn Auto IP für die automatische Zuweisung einer IP-Adresse genutzt werden soll.

- Wenn *weder* DHCP *noch* Auto IP in der Lage sind, eine gültige IP-Adresse zuzuweisen, wird die aktuell konfigurierte statische IP-Adresse verwendet.
- Die Auto IP-Einstellung wird *nichtflüchtig* abgespeichert und ändert sich beim Aus- und Wiedereinschalten des Gerätes oder bei einem Reset über die Fernsteuerungsschnittstelle nicht.
- *Manuelle Bedienung:* Drücken Sie die Taste Utility und anschließend den Softkey **I/O**. Wählen Sie dann **LAN**, anschließend **Modify Settings** und als Nächstes **IP Setup.** DHCP ist standardmäßig auf „On" gesetzt. Durch Drücken des Softkeys **Auto IP On/Off** können Sie Auto IP deaktivieren bzw. durch erneutes Drücken wieder aktivieren.
- *Fernsteuerung:*
  ```
  SYSTem:COMMunicate:LAN:AUTOip[:STATe] {OFF|0|ON|1}
  SYSTem:COMMunicate:LAN:AUTOip[:STATe]?
  ```

Hinweis: *Falls Sie die IP-Adresse, Subnet Mask oder ein Standard-Gateway manuell festlegen möchten, müssen* ***sowohl*** *DHCP* ***als auch*** *Auto IP ausgeschaltet sein. Nehmen Sie dann die Änderungen der IP-Einstellung wie in den nachfolgenden Kapiteln beschrieben vor.*

IP-Adresse (LAN) Sie können für den Agilent 33220A eine statische IP-Adresse als 4 Byte lange Ganzzahl eingeben, ausgedrückt in *Punktnotation* („nnn.nnn.nnn.nnn", wobei es sich bei „nnn" jeweils um einen Byte-Wert zwischen 0 und 255 handelt). Jedes Byte wird als Dezimalwert ohne eine vorangestellte Null ausgedrückt, beispielsweise 169.254.2.20.

- Falls DHCP oder Auto IP verwendet werden, muss keine IP-Adresse eingegeben werden. Falls weder DHCP noch Auto IP in der Lage sind, eine gültige IP-Adresse zuzuweisen, so wird die aktuelle konfigurierte IP-Adresse verwendet.
- Wenden Sie sich wegen einer gültigen IP-Adresse für Ihren Funktionsgenerator an Ihren Netzwerkadministrator.
- Geben Sie die IP-Adresse über das numerische Tastenfeld ein (nicht jedoch über den Drehknopf).
- Die IP-Adresse wird *nichtflüchtig* abgespeichert und ändert sich beim Aus- und Wiedereinschalten des Gerätes oder bei einem Reset über die Fernsteuerungsschnittstelle nicht.

- *Manuelle Bedienung:* Drücken Sie die Taste Utility und anschließend den Softkey **I/O**. Wählen Sie dann **LAN,** anschließend **Modify Settings,** und als Nächstes **IP Setup.** DHCP und Auto IP sind standardmäßig auf „On“ gesetzt. Wählen Sie gegebenenfalls **DHCP Off** bwz. **Auto IP Off**. Das Feld **IP Address** wird eingeblendet. Geben Sie die gewünschte Adresse ein (z. B. 169.254.11.22).

- *Fernsteuerung:*
  `SYSTem:COMMunicate:LAN:IPADdress <Adresse>`
  `SYSTem:COMMunicate:LAN:IPADdress?`

Weitere Informationen zu IP-Adressen und zur Punktnotation: *Adressen in Punktnotation („nnn.nnn.nnn.nnn“, wobei „nnn“ ein Byte-Wert ist), etwa IP-Adressen, müssen mit besonderer Sorgfalt eingegeben werden. Der Grund hierfür: Die meisten auf einem PC installierten Web-Software-Programme interpretieren Byte-Werte mit führenden Nullen als Oktalzahlen. Folglich entspricht „255.255.020.011“ der Dezimalzahl „255.255.16.9“ (und nicht der Dezimalzahl „255.255.20.11“), da „.020“ ausgedrückt als Oktalzahl als „16“ und „.011“ als „9“ interpretiert wird. Um Missverständnisse auszuschalten, empfiehlt es sich, ausschließlich dezimal ausgedrückte Byte-Werte (von 0 bis 255) ohne führende Nullen zu verwenden*.

Der Agilent 33220A geht davon aus, dass alle IP-Adressen sowie sonstigen Adressen mit Punktnotation als dezimale Byte-Werte ausgedrückt werden, und entfernt sämtliche führenden Nullen von diesen Byte-Werten. Wenn Sie also versuchen, in das IP-Adressfeld den Wert „255.255.020.011“ einzugeben, wird daraus der Wert „255.255.20.11“ (einen reinen Dezimalausdruck). Mit exakt dem gleichen Ausdruck, „255.255.20.11“, sollten Sie in der Web-Software Ihres PCs das Gerät adressieren. Verwenden Sie keinesfalls den Ausdruck „255.255.020.011“. Der PC interpretiert diese Adresse aufgrund der führenden Nullen anders als gewünscht.

Subnet Mask (LAN) Durch die Unterteilung in Subnetze kann ein Netzwerkadministrator ein Netzwerk in kleinere Einheiten aufteilen, was die Verwaltung vereinfacht und den Netzwerkverkehr reduziert. Die Subnet Mask gibt an, welcher Teil der Adresse des Hosts zur Kennzeichnung des Subnetzes dient.

- Falls DHCP oder Auto IP verwendet werden, muss keine Subnet Mask festgelegt werden.

- Von Ihrem Netzwerkadministrator erfahren Sie, ob das Netzwerk in Subnetze unterteilt ist und welche Subnet Mask gegebenenfalls verwendet werden muss.

- Geben Sie die Subnet Mask über das numerische Tastenfeld ein (nicht jedoch über den Drehknopf).
- Die Subnet Mask wird *nichtflüchtig* abgespeichert und ändert sich beim Aus- und Wiedereinschalten des Gerätes oder bei einem Reset über die Fernsteuerungsschnittstelle nicht.
- *Manuelle Bedienung:* Drücken Sie die Taste Utility und anschließend den Softkey **I/O**. Wählen Sie dann **LAN** , anschließend **Modify Settings** und als Nächstes **IP Setup**. DHCP und Auto IP sind standardmäßig auf „On“ gesetzt. Wählen Sie gegebenenfalls **DHCP Off** und **Auto IP Off**. Wählen Sie als Nächstes **Subnet Mask**. Geben Sie die entsprechende Maske ein (z. B. 255.255.0.0).
- Ein SCPI-Befehl zum Einstellen einer Subnet Mask existiert nicht.

Standard-Gateway (LAN) Ein Gateway ist ein Netzwerkgerät, das die Verbindungen zwischen verschiedenen Netzwerken herstellt. Die Standardeinstellung des Gateway ist die IP-Adresse des Geräts.

- Falls DHCP oder Auto IP verwendet werden, muss keine Gateway-Adresse eingegeben werden.
- Von Ihrem Netzwerkadministrator erfahren Sie, ob ein Gateway verwendet wird und welche Adresse gegebenenfalls eingegeben werden muss.
- Geben Sie die Gateway-Adresse über das numerische Tastenfeld ein (nicht jedoch über den Drehknopf).
- Die Gateway-Adresse wird *nichtflüchtig* abgespeichert und ändert sich beim Aus- und Wiedereinschalten des Gerätes oder bei einem Reset über die Fernsteuerungsschnittstelle *nicht*.
- *Manuelle Bedienung:* Drücken Sie die Taste Utility und anschließend den Softkey **I/O**. Wählen Sie dann **LAN**, anschließend **Modify Settings** und als Nächstes **IP Setup**. DHCP und Auto IP sind standardmäßig auf „On“ gesetzt. Wählen Sie gegebenenfalls **DHCP Off**. Wählen Sie dann **Default Gateway,** und legen Sie die entsprechende Gateway-Adresse fest.
- Ein SCPI-Befehl zum Einstellen einer Gateway-Adresse existiert nicht.

Host-Name (LAN) Der Host-Name ist der Host-Anteil des Domain-Namens, der anschließend in eine IP-Adresse übersetzt wird.

- Von Ihrem Netzwerkadministrator erfahren Sie den korrekten Host-Namen.
- Geben Sie den Host-Namen mit dem Drehknopf und den Cursor-Tasten ein. Jedes Zeichen des Namens kann ein Buchstabe sein („a“ bis „z“), eine Zahl oder ein Unterstrich („_“)
  - Wählen Sie die Zeichen mit dem Drehknopf.
  - Gehen Sie mit den Cursor-Tasten weiter zum nächsten Zeichen.
  - Zahlen können auch über das numerische Tastenfeld eingegeben werden.
  - Mit der Taste [+/-] können Sie alle Zeichen rechts des Cursors löschen.
- Der Host-Name wird *nichtflüchtig* abgespeichert und ändert sich beim Aus- und Wiedereinschalten des Gerätes oder bei einem Reset über die Fernsteuerungsschnittstelle *nicht*.
- *Manuelle Bedienung:* Drücken Sie die Taste [Utility] und anschließend den Softkey **I/O**. Wählen Sie dann **LAN**, anschließend **Modify Settings** und als Nächstes **DNS Setup**. Das Feld **Host Name** wird eingeblendet. Geben Sie den Host-Namen ein.
- Ein SCPI-Befehl zum Eingeben eines Host-Namens existiert nicht.

Domain-Name (LAN) Der Domain-Name ist ein registrierter Name im Internet, der anschließend in eine IP-Adresse übersetzt wird.

- Von Ihrem Netzwerkadministrator erfahren Sie den korrekten Domain-Namen.
- Geben Sie den Domain-Namen mit dem Drehknopf und den Cursor-Tasten ein. Jedes Zeichen des Namens kann ein Buchstabe sein („a“ bis „z“), eine Zahl, ein Unterstrich („_“) oder ein Punkt („.“).
  - Wählen Sie die Zeichen mit dem Drehknopf.
  - Gehen Sie mit den Cursor-Tasten weiter zum nächsten Zeichen.
  - Zahlen können auch über das numerische Tastenfeld eingegeben werden.

  - Mit der Taste [+/-] können Sie alle Zeichen rechts des Cursors löschen.

- Der Domain-Name wird *nichtflüchtig* abgespeichert und ändert sich beim Aus- und Wiedereinschalten des Gerätes oder bei einem Reset über die Fernsteuerungsschnittstelle *nicht*.
- *Manuelle Bedienung:* Drücken Sie die Taste [Utility] und anschließend den Softkey **I/O**. Wählen Sie dann **LAN**, anschließend **Modify Settings** und als Nächstes **DNS Setup**. Wählen Sie anschließend **Domain Name,** und geben Sie den Domain-Namen ein.
- Ein SCPI-Befehl zum Eingeben eines Domain-Namens existiert nicht.

DNS-Server (LAN) DNS (Domain Name Service) ist ein Internet-Dienst, der die Namen von Domains in IP-Adressen übersetzt. Die Adresse des DNS-Servers ist die IP-Adresse des Servers, der die Übersetzung durchführt.

- Von Ihrem Netzwerkadministrator erfahren Sie, ob DNS eingesetzt wird und welche Adresse für den DNS-Server gegebenenfalls verwendet werden muss.
- Geben Sie die Adresse über das numerische Tastenfeld ein (nicht jedoch mit dem Drehknopf).
- Die Adresse des DNS-Servers wird *nichtflüchtig* abgespeichert und ändert sich beim Aus- und Wiedereinschalten des Gerätes oder bei einem Reset über die Fernsteuerungsschnittstelle *nicht*.
- *Manuelle Bedienung:* Drücken Sie die Taste [Utility] und anschließend den Softkey **I/O**. Wählen Sie dann **LAN**, anschließend **Modify Settings** und als Nächstes **DNS Setup**. Wählen Sie dann **DNS Server,** und geben Sie die Serveradresse ein.
- Ein SCPI-Befehl zum Einstellen der Adresse eines DNS-Servers existiert nicht.

Web-Passwort (LAN) Sie können ein Passwort festlegen, um den Zugriff auf das Gerät über die Web-Schnittstelle zu steuern. Für die Standardeinstellung wird kein Passwort benötigt.

- Geben Sie das Passwort mit dem Drehknopf und den Cursor-Tasten ein. Jedes Zeichen muss ein Buchstabe sein (von „a“ bis „z“).
  - Wählen Sie die Zeichen mit dem Drehknopf.
  - Gehen Sie mit den Cursor-Tasten weiter zum nächsten Zeichen.

- Mit der Taste [+/-] können Sie alle Zeichen rechts des Cursors löschen.

- *Manuelle Bedienung:* Drücken Sie die Taste [Utility] und anschließend den Softkey **I/O**. Wählen Sie dann **LAN** und als Nächstes **Modify Settings**. Das Feld **Password** wird angezeigt. Geben Sie das gewünschte Passwort ein.

- Ein SCPI-Befehl zum Festlegen des Passwortes existiert nicht.

Aktuelle Konfiguration (LAN) Wählen Sie die Ansicht Currently Active Settings, um die MAC-Adresse und die aktuelle Konfiguration des LAN anzuzeigen.

- *Manuelle Bedienung:* Drücken Sie die Taste [Utility] und anschließend den Softkey **I/O**. Wählen Sie **LAN** und dann **Current Config**. Mit den „Pfeilen" der Softkeys können Sie in der Liste scrollen.
- Einen SCPI-Befehl zur Anzeige der aktuellen Konfiguration gibt es nicht.

Hinweis: *Es werden nur diejenigen Einstellungen angezeigt, die **aktuell aktiv** sind. Falls Sie LAN-Einstellungen verändert haben, müssen Sie erst das Gerät aus- und einschalten, um die neuen Einstellungen zu übernehmen. Wählen Sie dann **Current Config**. Beachten Sie bitte außerdem, dass die Anzeige **statisch** ist. Sie wird nicht aktualisiert in Bezug auf Ereignisse, die nach dem Aufrufen der Informationen stattgefunden haben. Wenn beispielsweise DHCP eine IP-Adresse zuweist, während die Anzeige geöffnet ist, so wird die neue IP-Adresse erst nach Drücken der Taste **Refresh** angezeigt.*

Weitere SCPI-Konfigurationsbefehle (LAN) Weitere, hier nicht erwähnte LAN-Konfigurationsbefehle werden in Kapitel 4 behandelt. Sämtliche Informationen über die Verwendung von SCPI-Befehlen zur Steuerung der LAN-Schnittstellen finden Sie unter „Schnittstellen-Konfigurationsbefehle" in Kapitel 4.

Web-Schnittstelle des Agilent 33220A

Der Agilent 33220A bietet eine im Gerät implementierte Web-Schnittstelle. Sie können diese Schnittstelle über LAN verwenden, um die I/O-Konfiguration des Gerätes anzuzeigen und zu bearbeiten. Das Gerät kann außerdem über das Netzwerk gesteuert werden, dank einer ferngesteuerten Frontplattenschnittstelle.

So verwenden Sie die Web-Schnittstelle und greifen auf sie zu:

1. Stellen Sie eine LAN-Schnittstellenverbindung zwischen PC und dem Agilent 33220A her.
2. Öffnen Sie den Internet-Browser des PCs.
3. Um die Web-Schnittstelle zu öffnen, geben Sie in das Browser-Adressfeld die IP-Adresse des *Gerätes* bzw. den entsprechenden vollständigen Host-Namen ein.
4. Folgen Sie den Anweisungen der Online-Hilfe für die Web-Schnittstelle.

USB-Konfiguration

Es müssen keine USB-Konfigurationsparameter konfiguriert werden. Mit der USB ID-Funktion erhalten Sie den (vom Hersteller festgelegten) USB-ID-String:

- *Manuelle Bedienung:* Drücken Sie die Taste Utility und anschließend den Softkey **I/O**. Wählen Sie **Show USB Id**. Der USB-String wird folgendermaßen angezeigt:

  USB ID = usb0::2391::1031::MY44nnnnnn::INSTR

  wobei "MY44nnnnnn" die Seriennummer des Geräts ist.

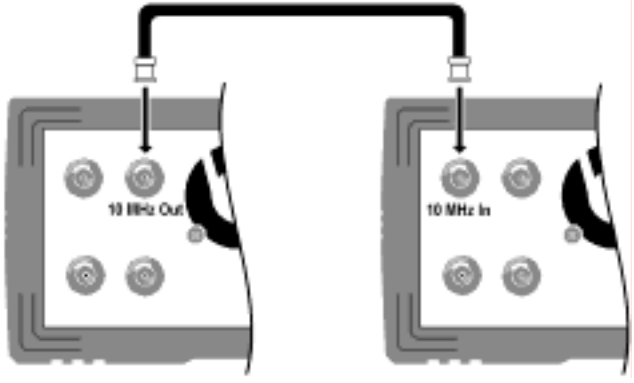
- Einen SCPI-Befehl zur Anzeige der USB-ID gibt es nicht.

Externe Zeitbasisreferenz (Option 001)

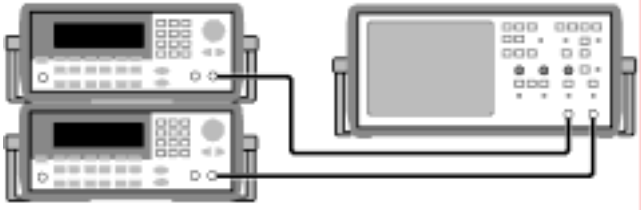
Die rückseitigen Steckverbinder (**10 MHz In** und **10 MHz Out**) und der Schaltkreis der Option 001 der externen Zeitbasisreferenz ermöglichen es Ihnen, mehrere Funktionsgeneratoren des Agilent 33220A miteinander oder mit einem externen 10 MHz-Taktsignal zu synchronsisieren. Dabei können Sie den Phasen-Offset der Ausgangswellenform sowohl über die Frontplatte als auch über die Remoteschnittstelle steuern. Um *mehrere Agilent 33220A zu synchronisieren, muss bei* ***allen*** *Geräten Option 001 installiert sein.*

Um die Phase von zwei Agilent 33220A auszurichten, können Sie ein Zwei-Kanal-Oszilloskop zum Vergleich der Ausgangssignale verwenden:

1. Verbinden Sie zwei Agilent 33220A: **10 MHz Out** mit **10 MHz In**:

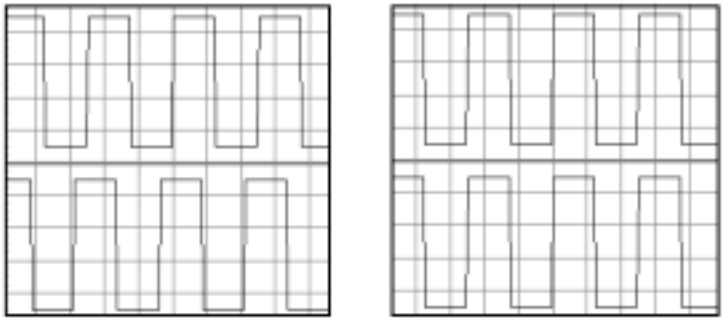


2. Verbinden Sie die Ausgänge der Agilent 33220A mit den Eingängen der Sondenkanäle:



3. Stellen Sie die gleiche Frequenz bei beiden Funktionsgeneratoren ein. Das Oszilloskop sollte nun synchrone Signale bezüglich der Frequenz, jedoch nicht Phase anzeigen. (Eine Rechteckwelle eignet sich gut für das Anzeigen der Phasendifferenz.)

4. Stellen Sie die Phase des ersten 33220A auf den Standard (Null) ein, und verwenden Sie die Funktion **Adjust Phase**, um die Phase des zweiten 33220A anzupassen und die Ausgangssignale auszurichten:



Außerhalb der Phase Ausgerichtet

Verwenden Sie die Funktion **Set 0 Phase**, um einen neuen Null-Phasen-Referenzpunkt mit den beiden nun ausgerichteten Funktionsgeneratoren einzurichten.

- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie die Taste Utility und wählen Sie den Softkey **Output Setup** und anschließend **Adjust Phase**. Stellen Sie den Phasenwinkel (±360 Grad) mit Hilfe des Drehknopfs und den Cursor-Tasten oder über die Zifferntastatur ein. Nachdem die Signale am Oszilloskopen ausgerichtet wurden, drücken Sie die Taste **Set 0 Phase**, um einen neuen Null-Phasen-Referenzpunkt festzulegen.

- *Fernsteuerung*: Mit dem folgenden Befehl können Sie den Phasenoffset einstellen (der Abfragebefehl liefert die aktuelle Offset-Einstellung zurück):

```
PHASe {<Winkel>|MINimum|MAXimum}
PHASe? [MINimum|MAXimum]
```

- Der folgende Befehl legt einen neuen Null-Phasen-Referenzpunkt fest:

```
PHASe:REFerence
```

Anwendungshinweis 1426: Weitere Informationen zu diesem Thema finden Sie unter *„How to Connect Two or More Signal Generators to Create a Multi-Channel Waveform Generator“ („So verbinden Sie zwei oder mehrere Signalgeneratoren, um einen Mehrkanal-Wellenformgenerator zu erzeugen“)*.

Überblick über die Kalibrierung

Dieser Abschnitt gibt eine kurze Einführung in die Kalibrierfunktionen des Funktionsgenerators. Eine ausführliche Beschreibung der Kalibrierprozeduren finden Sie in Kapitel 4 des *Service Guide* zum Agilent 33220A.

Kalibrierschutz

Der Funktionsgenerator bietet Ihnen die Möglichkeit, den Zugriff auf die Kalibrierfunktionen durch ein Passwort zu schützen, um zu verhindern, dass das Gerät versehentlich oder von einem Unbefugten kalibriert wird. Im Auslieferungszustand ist der Kalibrierschutz aktiv. Bevor Sie eine Kalibrierung durchführen können, müssen Sie den Kalibrierschutz durch Eingabe des korrekten Sicherheitscodes deaktivieren.

Falls Sie den Sicherheitscode vergessen haben, können Sie die Sicherheitsfunktion mit Hilfe der beiden Jumper „CAL ENABLE“ auf der Hauptplatine Ihres Geräts deaktivieren. Weitere Informationen entnehmen Sie bitte dem Handbuch *Agilent 33220A Service Guide*.

- Im Auslieferungszustand des Gerätes lautet der Sicherheitscode „AT33220A“. Der Sicherheitscode wird *nichtflüchtig* gespeichert und ändert sich beim Aus- und Wiedereinschalten des Gerätes *nicht*.
- Der Sicherheitscode kann bis zu 12 alphanumerische Zeichen enthalten. Das erste Zeichen muss ein Buchstabe sein; die übrigen Zeichen können Buchstaben, Ziffern oder das Unterstrich-Zeichen („_ “) sein. Der Sicherheitscode kann auch kürzer als 12 Zeichen sein, aber das erste Zeichen muss auf jeden Fall ein Buchstabe sein.

Deaktivieren des Kalibrierschutzes. Sie können den Kalibrierschutz sowohl über die Frontplatte als auch über die Fernsteuerungsschnittstelle deaktivieren. Im Auslieferungszustand des Gerätes ist der Kalibrierschutz aktiviert; der Standard-Sicherheitscode lautet „AT33220A“.

- Für die manuelle Betriebsart und für den Fernsteuerungsbetrieb gilt der gleiche Sicherheitscode. Wenn Sie den Kalibrierschutz beispielsweise über die Frontplatte aktivieren und ihn später über die Fern-

steuerungsschnittstelle deaktivieren möchten, müssen Sie den gleichen Sicherheitscode verwenden.

- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie Utility, und wählen Sie im Menü „Test / Cal“ den Softkey **Secure Off**.
- *Fernsteuerung*: Senden Sie zum Deaktivieren des Kalibrierschutzes den folgenden Befehl mit dem korrekten Sicherheitscode:

```
CAL:SECURE:STATE OFF,AT33220A
```

Aktivieren des Kalibrierschutzes. Sie können den Kalibrierschutz sowohl über die Frontplatte als auch über die Fernsteuerungsschnittstelle deaktivieren. Im Auslieferungszustand des Gerätes ist der Kalibrierschutz aktiviert; der Standard-Sicherheitscode lautet „AT33220A“.

- Für die manuelle Betriebsart und für den Fernsteuerungsbetrieb gilt der gleiche Sicherheitscode. Wenn Sie den Kalibrierschutz beispielsweise über die Frontplatte aktivieren und ihn später über die Fernsteuerungsschnittstelle deaktivieren möchten, müssen Sie den gleichen Sicherheitscode verwenden.
- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie Utility, und wählen Sie im Menü „Test / Cal“ den Softkey **Secure On**.
- *Fernsteuerung*: Senden Sie zum Aktivieren des Kalibrierschutzes den folgenden Befehl mit dem korrekten Sicherheitscode:

```
CAL:SECURE:STATE ON,AT33220A
```

Ändern des Sicherheitscodes. Zum Ändern des Sicherheitscodes müssen Sie zuerst den Kalibrierschutz deaktivieren und dann einen neuen Sicherheitscode eingeben. Lesen Sie unbedingt die Regeln zum Sicherheitscode auf Seite 158, bevor Sie versuchen, den Code zu ändern.

- *Manuelle Bedienung*: Zum Ändern des Sicherheitscodes müssen Sie den Kalibrierschutz zunächst durch Eingabe des alten Sicherheitscodes deaktivieren. Drücken Sie dann Utility, und wählen Sie im Menü „Test / Cal“ den Softkey **Secure Code**. Wenn Sie den Sicherheitscode über die Frontplatte ändern, gilt der neue Sicherheitscode auch für den Fernsteuerungsbetrieb.

- *Fernsteuerung*: Zum Ändern des Sicherheitscodes müssen Sie den Kalibrierschutz zunächst durch Eingabe des alten Sicherheitscodes deaktivieren. Geben Sie anschließend mit dem folgenden Befehl den neuen Sicherheitscode ein:

```
CAL:SECURE:STATE OFF, AT33220A   Kalibrierschutz mit Hilfe des alten Sicherheitscodes deaktivieren
CAL:SECURE:CODE SN123456789      Neuen Code eingeben
```


Kalibrierungszähler

Sie haben die Möglichkeit abzufragen, wie oft der Funktionsgenerator bisher kalibriert wurde. Beachten Sie, dass der Funktionsgenerator auch vor der Auslieferung kalibriert wurde. Wenn Sie Ihren Funktionsgenerator erhalten, sollten Sie den Kalibrierungszähler ablesen und seinen anfänglichen Stand notieren.

- Der Kalibrierungszählerstand wird *nichtflüchtig* abgespeichert und ändert sich beim Aus- und Wiedereinschalten des Gerätes oder bei einem Reset über die Fernsteuerungsschnittstelle *nicht*.
- Der Kalibrierungszähler zählt bis 65 535 und springt dann wieder auf 0 zurück. Da der Kalibrierungszähler bei jedem Kalibrierungspunkt um 1 erhöht wird, kann der Zählerstand durch eine Kalibrierung um mehrere Punkte steigen.
- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie Utility, und wählen Sie aus dem Menü „Test / Cal“ den Softkey **Cal Info**. Der Kalibrierungszählerstand wird daraufhin im Display angezeigt.
- *Fernsteuerung*:

```
CAL:COUNt?
```

Kalibrierungsmeldung

Der Funktionsgenerator bietet Ihnen die Möglichkeit, eine Textinformation (die sogenannte Kalibrierungsmeldung) im internen Kalibrierungsspeicher abzulegen. Die Kalibrierungsmeldung kann beispielsweise folgende Informationen enthalten: Datum der letzten Kalibrierung, Fälligkeitsdatum der nächsten Kalibrierung, Seriennummer des Funktionsgenerators, Name und Telefonnummer der für die Kalibrierung zuständigen Person.

- Sie können die Kalibrierungsmeldung *nur* über die Fernsteuerungsschnittstelle einspeichern und *nur* wenn der Kalibrierschutz deaktiviert ist. Sie können die Kalibrierungsmeldung sowohl über die Frontplatte als auch über die Fernsteuerungsschnittstelle abfragen. Das *Lesen* der Kalibrierungsnachricht ist auch bei aktiviertem Kalibrierschutz möglich.
- Die Kalibrierungsmeldung kann bis zu 40 Zeichen enthalten (überzählige Zeichen werden abgeschnitten).
- Beim Abspeichern einer Kalibrierungsmeldung wird die vorige Kalibrierungsmeldung überschrieben.
- Die Kalibrierungsmeldung wird *nichtflüchtig* gespeichert und ändert sich beim Aus- und Wiedereinschalten des Gerätes oder bei einem Reset über die Fernsteuerungsschnittstelle *nicht*.
- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie Utility, und wählen Sie aus dem Menü „Test / Cal“ den Softkey **Cal Info**. Die Kalibrierungsmeldung wird daraufhin im Display angezeigt.
- *Fernsteuerung*: Senden Sie zum Speichern der Kalibrierungsmeldung den folgenden Befehl einschließlich aller gewünschten Strings in einfachen Anführungszeichen (‘ ’):

```
CAL:STR 'Cal Due: 01 August 2003'
```

Grundeinstellungen

In der folgenden Tabelle sind die Grundeinstellungen des Funktionsgenerators Agilent 33220A aufgeführt. *Damit Sie sich jederzeit schnell über die Grundeinstellungen informieren können, finden Sie diese Tabelle auch auf der hinteren Umschlagsinnenseite dieses Handbuchs und auf der „Quick Reference Card“.*

Hinweis: Falls die Betriebsart „Power-down recall“ aktiviert wurde, unterscheidet sich der Gerätezustand von den Angaben in der Tabelle. Siehe „Abspeichern des aktuellen Gerätezustands“ auf Seite 136.

Agilent 33220A: Grundeinstellungen

Ausgangskonfiguration	**Grundeinstellung**
Funktion	Sinus
Frequenz	1 kHz
Amplitude/Offset	100 mVpp / 0,000 Vdc
Ausgangseinheiten	Vpp
Lastwiderstand	50 Ω
Autorange	Ein
Modulation	**Grundeinstellung**
Trägersignal (AM, FM, PM, FSK)	1 kHz Sinus
Trägersignal (PWM)	1 kHz Puls
Modulierte Signalform (AM)	100 Hz Sinus
Modulierte Signalform (FM, PM, PWM)	10 Hz Sinus
AM-Modulationsgrad	100%
FM-Frequenzhub	100 Hz
PM-Frequenzhub	180 Grad
FSK-Hop-Frequenz	100 Hz
FSK-Rate	10 Hz
PWM-Pulsbreitenabweichung	10 µs
Modulationszustand	Aus
Wobbelung	**Grundeinstellung**
Start/Stop-Frequenz	100 Hz / 1 kHz
Wobbelzeit	1 Sekunde
Wobbelbetriebsart	Linear
Wobbelzustand	Aus
Burst	**Grundeinstellung**
Burst-Anzahl	1 Zyklus
Burst-Periode	10 ms
Burst-Startphase	0 Grad
Burst-Zustand	Aus
Übergeordnete Systemfunktionen	**Grundeinstellung**
• Power-Down Recall	• Deaktiviert
Display-Betriebsart	Ein
Fehlerwarteschlange	Fehler gelöscht
Gespeicherte Zustände, gespeicherte Arbiträrsignale	Keine Änderung
Ausgangszustand	Aus
Triggerfunktionen	**Grundeinstellung**
Trigger-Quelle	Intern (Immediate)
Fernsteuerungskonfiguration	**Grundeinstellung**
• GPIB-Addresse	• 10
• DHCP	• Ein
• Auto IP	• Ein
• IP-Addresse	• 169.254.2.20
• Subnet-Mask	• 255.255.0.0
• Standard-Gateway	• 0.0.0.0
• DNS-Server	• 0.0.0.0
• Host-Name	• *nicht vorgegeben*
• Domain-Name	• *nicht vorgegeben*
Kalibrierung	**Grundeinstellung**
Kalibrierzustand	Geschützt

Die mit einem Punkt (•) gekennzeichneten Parameter sind *nichtflüchtig* gespeichert.

Fernsteuerungsschnittstelle – Referenzinformationen

Fernsteuerungsschnittstelle – Referenzinformationen

- Übersicht über die SCPI-Befehle, *Seite 168*
- Grundlagen der Programmierung, *Seite 181*
- Anwendung des Befehls APPLy, *Seite 183*
- Befehle zum Konfigurieren des Ausgangs, *Seite 191*
- Puls-Konfigurationsbefehle, *Seite 204*
- Befehle zum Konfigurieren der Amplitudenmodulation (AM), *Seite 210*
- Befehle zum Konfigurieren der Frequenzmodulation (FM), *Seite 214*
- Befehl zum Konfigurieren der FSK- (Frequency-Shift Keying) Modulation, *Seite 223*
- Befehl zum Konfigurieren der FSK- (Frequency-Shift Keying) Modulation, *Seite 223*
- Befehle zum Konfigurieren der Pulsbreitenmodulation (PWM), *Seite 232*
- Befehle zum Konfigurieren der Wobbelbetriebsart, *Seite 232*
- Befehle zum Konfigurieren der Burst-Betriebsart, *Seite 239*
- Triggerbefehle, *Seite 247*
- Arbiträrsignal-Befehle, *Seite 250*
- Befehle zum Abspeichern/ Zurückrufen von Gerätezuständen, *Seite 262*
- Systembefehle, *Seite 266*
- Schnittstellen-Konfigurationsbefehle, *Seite 272*
- Phasensynchronisationsbefehle (Nur Option 001), *Seite 278*
- SCPI-Statussystem, *Seite 281*
- Statusregisterbefehle, *Seite 290*
- Kalibrierbefehle, *Seite 294*
- Einführung in die Befehlssprache SCPI, *Seite 296*
- Der Befehl „Device Clear“, *Seite 301*

In diesem Handbuch werden alle *Standard*-Geräteeinstellungen und Werte angegeben. Es handelt sich hierbei um die Standardeinstellungen beim Einschalten des Geräts, *vorausgesetzt* die Betriebsart Power-down recall wurde nicht aktiviert (siehe „Abspeichern des Gerätezustands“ in Kapitel 3).

Falls Sie noch nicht mit der Messgerätebefehlssprache SCPI vertraut sind, sollten Sie die nachfolgenden Abschnitte lesen, bevor Sie versuchen, den Funktionsgenerator zu programmieren.

Übersicht über die SCPI-Befehle

In diesem gesamten Handbuch gelten folgende typographische Konventionen für die SCPI-Befehlssyntax:

- Optionale Schlüsselwörter oder Parameter sind in eckige Klammern (**[ ]**) eingeschlossen.
- Parameter innerhalb eines Befehlsstrings sind in geschweifte Klammern (**{ }**) eingeschlossen.
- Parameter, für die ein Wert spezifiziert werden **muss**, sind in spitze Klammern (**< >**) eingeschlossen.
- Alternative Parameter sind durch einen senkrechten Strich (**|**) voneinander getrennt.

APPLy Befehle

(*weitere Informationen siehe Seite 183*)

```
APPLy
  :SINusoid [<Frequenz> [,<Amplitude> [,<Offset>] ]]
  :SQUare [<Frequenz> [,<Amplitude> [,<Offset>] ]]
  :RAMP [<Frequenz> [,<Amplitude> [,<Offset>] ]]
  :PULSe [<Frequenz> [,<Amplitude> [,<Offset>] ]]
  :NOISe [<Frequenz|DEF>[1] [,<Amplitude> [,<Offset>] ]]
  :DC [<Frequenz|DEF>[1] [,<Amplitude>|DEF>[1] [,<Offset>] ]]
  :USER [<Frequenz> [,<Amplitude> [,<Offset>] ]]
APPLy?
```

[1] Dieser Parameter ist bei diesem Befehl ohne Auswirkung; die Syntax erfordert jedoch, dass ein Wert oder „DEFault" spezifiziert wird.

Befehle zum Konfigurieren des Ausgangs

(*weitere Informationen siehe Seite 191*)

```
FUNCtion {SINusoid|SQUare|RAMP|PULSe|NOISe|DC|USER}
FUNCtion?

FREQuency {<Frequenz>|MINimum|MAXimum}
FREQuency? [MINimum|MAXimum]

VOLTage {<Amplitude>|MINimum|MAXimum}
VOLTage? [MINimum|MAXimum]

VOLTage:OFFSet {<Offset>|MINimum|MAXimum}
VOLTage:OFFSet? [MINimum|MAXimum]

VOLTage
  :HIGH {<Spannung>|MINimum|MAXimum}
  :HIGH? [MINimum|MAXimum]
  :LOW {<Spannung>|MINimum|MAXimum}
  :LOW? [MINimum|MAXimum]

VOLTage:RANGe:AUTO {OFF|ON|ONCE}
VOLTage:RANGe:AUTO?

VOLTage:UNIT {VPP|VRMS|DBM}
VOLTage:UNIT?

FUNCtion:SQUare:DCYCle {<Prozent>|MINimum|MAXimum}
FUNCtion:SQUare:DCYCle? [MINimum|MAXimum]

FUNCtion:RAMP:SYMMetry {<Prozent>|MINimum|MAXimum}
FUNCtion:RAMP:SYMMetry? [MINimum|MAXimum]

OUTPut {OFF|ON}
OUTPut?

OUTPut:LOAD {<Ohm>|INFinity|MINimum|MAXimum}
OUTPut:LOAD? [MINimum|MAXimum]

OUTPut:POLarity {NORMal|INVerted}
OUTPut:POLarity?

OUTPut:SYNC {OFF|ON}
OUTPut:SYNC?
```

*Die **fett** gedruckten Parameter sind die Standardparameter, wie sie vom Befehl *RST (Reset) eingestellt werden.*

Befehle zum Konfigurieren der Ausgangsfunktion „Pulse“

(*weitere Informationen siehe Seite 204*)

```
PULSe:PERiod {<Sekunden>|MINimum|MAXimum}
PULSe:PERiod? [MINimum|MAXimum]

FUNCtion:PULSe
  :HOLD {WIDTh|DCYCle}
  :HOLD? [WIDTh|DCYCle]
:WIDTh {<Sekunden>|MINimum|MAXimum}        50 %/50 %-Schwellenwerte
  :WIDTh? [MINimum|MAXimum]
  :DCYCle {<Prozent>|MINimum|MAXimum}
  :DCYCle? [MINimum|MAXimum]
:TRANsition {<Sekunden>|MINimum|MAXimum}   10 %/90 %-Schwellenwerte
  :TRANsition? [MINimum|MAXimum]
```

Modulationsbefehle

(*weitere Informationen siehe Seite 210*)

AM-Befehle

```
AM:INTernal
  :FUNCtion
{SINusoid|SQUare|RAMP|NRAMp|TRIangle|NOISe|USER}
  :FUNCtion?

AM:INTernal
  :FREQuency {<Frequenz>|MINimum|MAXimum}
  :FREQuency? [MINimum|MAXimum]

AM:DEPTh {<Modulationsgrad in Prozent>|MINimum|MAXimum}
AM:DEPTh? [MINimum|MAXimum]

AM:SOURce {INTernal|EXTernal}
AM:SOURce?

AM:STATe {OFF|ON}
AM:STATe?
```

*Die **fett** gedruckten Parameter sind die Standardparameter, wie sie vom Befehl *RST (Reset) eingestellt werden.*

FM-Befehle

```
FM:INTernal
  :FUNCtion
{SINusoid|SQUare|RAMP|NRAMp|TRIangle|NOISe|USER}
  :FUNCtion?
```

```
FM:INTernal
  :FREQuency {<Frequenz>|MINimum|MAXimum}
  :FREQuency? [MINimum|MAXimum]
```

```
FM:DEViation {<Spitzen-Frequenzhub in Hz>|MINimum|MAXimum}
FM:DEViation? [MINimum|MAXimum]
```

```
FM:SOURce {INTernal|EXTernal}
FM:SOURce?
```

```
FM:STATe {OFF|ON}
FM:STATe?
```

PM-Befehle

```
PM:INTernal
  :FUNCtion {SINusoid|SQUare|RAMP|NRAMp|TRIangle|NOISe|USER}
  :FUNCtion?
```

```
PM:INTernal
  :FREQuency {<Frequenz>|MINimum|MAXimum}
  :FREQuency? [MINimum|MAXimum]
```

```
PM:DEViation {<Phasenhub in Grad>|MINimum|MAXimum}
PM:DEViation? [MINimum|MAXimum]
```

```
PM:SOURce {INTernal|EXTernal}
PM:SOURce?
```

```
PM:STATe {OFF|ON}
PM:STATe?
```

FSK-Befehle

```
FSKey:FREQuency {<Frequenz>|MINimum|MAXimum}
FSKey:FREQuency? [MINimum|MAXimum]
```

```
FSKey:INTernal:RATE {<Rate in Hz>|MINimum|MAXimum}
FSKey:INTernal:RATE? [MINimum|MAXimum]
```

```
FSKey:SOURce {INTernal|EXTernal}
FSKey:SOURce?
```

```
FSKey:STATe {OFF|ON}
FSKey:STATe?
```

*Die **fett** gedruckten Parameter sind die Standardparameter, wie sie vom Befehl *RST (Reset) eingestellt werden.*

PWM-Befehle

```
PWM:INTernal
  :FUNCtion {SINusoid|SQUare|RAMP|NRAMp|TRIangle|NOISe|USER}
  :FUNCtion?

PWM:INTernal
  :FREQuency {<Frequenz>|MINimum|MAXimum}
  :FREQuency? [MINimum|MAXimum]PWM:DEViation {<Abweichung in
Sekunden>|MINimum|MAXimum}
PWM:DEViation? [MINimum|MAXimum]

PWM:DEViation:DCYCle {<Abweichung in Prozent>|MINimum|MAXimum}
PWM:DEViation:DCYCle? [MINimum|MAXimum]

PWM:SOURce {INTernal|EXTernal}
PWM:SOURce?

PWM:STATe {OFF|ON}
PWM:STATe?
```

*Die **fett** gedruckten Parameter sind die Standardparameter, wie sie vom Befehl *RST (Reset) eingestellt werden.*

Wobbelbefehle

(*weitere Informationen siehe Seite 233*)

```
FREQuency
  :STARt {<Frequenz>|MINimum|MAXimum}
  :STARt? [MINimum|MAXimum]
  :STOP {<Frequenz>|MINimum|MAXimum}
  :STOP? [MINimum|MAXimum]

FREQuency
  :CENTer {<Frequenz>|MINimum|MAXimum}
  :CENTer? [MINimum|MAXimum]
  :SPAN {<Frequenz>|MINimum|MAXimum}
  :SPAN? [MINimum|MAXimum]

SWEep
  :SPACing {LINear|LOGarithmic}
  :SPACing?
  :TIME {<Sekunden>|MINimum|MAXimum}
  :TIME? [MINimum|MAXimum]

SWEep:STATe {OFF|ON}
SWEep:STATe?

TRIGger:SOURce {IMMediate|EXTernal|BUS}
TRIGger:SOURce?

TRIGger:SLOPe {POSitive|NEGative}      „Trig In“-Anschluss
TRIGger:SLOPe?

OUTPut
  :TRIGger:SLOPe {POSitive|NEGative}   „Trig Out“-Anschluss
  :TRIGger:SLOPe?
  :TRIGger {OFF|ON}
  :TRIGger?

MARKer:FREQuency {<Frequenz>|MINimum|MAXimum}
MARKER:FREQuency? [MINimum|MAXimum]

MARKer {OFF|ON}
MARKer?
```

*Die **fett** gedruckten Parameter sind die Standardparameter, wie sie vom Befehl `*RST` (Reset) eingestellt werden.*

Burst-Befehle

(*weitere Informationen siehe Seite 239*)

```
BURSt:MODE {TRIGgered|GATed}
BURSt:MODE?

BURSt:NCYCles {<# Zyklen>|INFinity|MINimum|MAXimum}
BURSt:NCYCles? [MINimum|MAXimum]

BURSt:INTernal:PERiod {<Sekunden>|MINimum|MAXimum}
BURSt:INTernal:PERiod? [MINimum|MAXimum]

BURSt:PHASe {<Winkel>|MINimum|MAXimum}
BURSt:PHASe? [MINimum|MAXimum]

BURSt:STATe {OFF|ON}
BURSt:STATe?

UNIT:ANGLe {DEGree|RADian}
UNIT:ANGLe?

TRIGger:SOURce {IMMediate|EXTernal|BUS}   Betriebsart
                                          „Triggered Burst“
TRIGger:SOURce?

TRIGger:SLOPe {POSitive|NEGative}         „Trig In“-Anschluss
TRIGger:SLOPe?

BURSt:GATE:POLarity {NORMal|INVerted}     Betriebsart
                                          „External Gated Burst“
BURSt:GATE:POLarity?

OUTPut
  :TRIGger:SLOPe {POSitive|NEGative}      „Trig Out“-Anschluss
  :TRIGger:SLOPe?
  :TRIGger {OFF|ON}
  :TRIGger?
```

*Die **fett** gedruckten Parameter sind die Standardparameter, wie sie vom Befehl *RST (Reset) eingestellt werden.*

Arbiträrsignal-Befehle

(*weitere Informationen siehe Seite 250*)

```
DATA VOLATILE, <Wert>, <Wert>, . . .

DATA:DAC VOLATILE, {<Binärblock>|<Wert>, <Wert>, . . . }

FORMat:BORDer {NORMal|SWAPped}        Byte-Reihenfolge spezifizieren
FORMat:BORDer?

DATA:COPY <Ziel-Arb-Name> [,VOLATILE]

FUNCtion:USER {<Arb-Name>[1]|VOLATILE}
FUNCtion:USER?

FUNCtion USER
FUNCtion?

DATA
  :CATalog?
  :NVOLatile:CATalog?
  :NVOLatile:FREE?

DATA:DELete <Arb-Name>
DATA:DELete:ALL

DATA
  :ATTRibute:AVERage? [<Arb-Name>[1]]
  :ATTRibute:CFACtor? [<Arb-Name>[1]]
  :ATTRibute:POINts? [<Arb-Name>[1]]
  :ATTRibute:PTPeak? [<Arb-Name>[1]]
```

[1] *Die internen Standard-Arbiträrsignale haben folgende Namen:* EXP_RISE, EXP_FALL, NEG_RAMP, SINC, und CARDIAC.

Die ***fett*** *gedruckten Parameter sind die Standardparameter, wie sie vom Befehl* `*RST` *(Reset) eingestellt werden.*

Triggerbefehle

(*weitere Informationen siehe Seite 247*)

Diese Befehle betreffen nur die Wobbel- und Burst-Betriebsarten.

```
TRIGger:SOURce {IMMediate|EXTernal|BUS}
TRIGger:SOURce?

TRIGger

*TRG

TRIGger:SLOPe {POSitive|NEGative}          „Trig In“-Anschluss
TRIGger:SLOPe?

BURSt:GATE:POLarity {NORMal|INVerted}      Betriebsart
                                           „External Gated Burst“
BURSt:GATE:POLarity?

OUTPut
  :TRIGger:SLOPe {POSitive|NEGative}       „Trig Out“-Anschluss
  :TRIGger:SLOPe?
  :TRIGger {OFF|ON}
  :TRIGger?
```

Befehle zum Abspeichern/Zurückrufen von Gerätezuständen

(*weitere Informationen siehe Seite 262*)

```
*SAV {0|1|2|3|4}        Der Gerätezustand 0 ist der Zustand beim
                        Ausschalten des Funktionsgenerators.
*RCL {0|1|2|3|4}        Die Gerätezustände 1, 2, 3 und 4 sind
                        benutzerdefinierte Zustände.

MEMory:STATe
  :NAME {0|1|2|3|4} [,<Name>]
  :NAME? {0|1|2|3|4}
  :DELete {0|1|2|3|4}
  :RECall:AUTO {OFF|ON}
  :RECall:AUTO?}
  :VALid? {0|1|2|3|4
  :CATalog?

MEMory:NSTates?
```

*Die **fett** gedruckten Parameter sind die Standardparameter, wie sie vom Befehl *RST (Reset) eingestellt werden.*

Systembefehle

(*weitere Informationen siehe Seite 266*)

```
SYSTem:ERRor?

*IDN?

DISPlay {OFF|ON}
DISPlay?

DISPlay
  :TEXT <String in Anführungszeichen>
  :TEXT?
  :TEXT:CLEar

*RST

*TST?

SYSTem:VERSion?

SYSTem
  :BEEPer
  :BEEPer:STATe {OFF|ON}
  :BEEPer:STATe?

SYSTem
  :KLOCk[:STATe] {OFF|ON}
  :KLOCk:EXCLude {NONE|LOCal}
  :KLOCk:EXCLude?
```

```
SYSTem:SECurity:IMMediate
```

Achtung. *Der **gesamte** Inhalt des Arbeitsspeichers wird gelöscht. Nicht empfohlen für Routine-Anwendungen.*

```
*LRN?

*OPC

*OPC?

*WAI
```

*Die **fett** gedruckten Parameter sind die Standardparameter, wie sie vom Befehl `*RST` (Reset) eingestellt werden.*

Befehle zum Konfigurieren der Schnittstellen

(*weitere Informationen siehe Seite 272*)

```
SYSTem:LOCal

SYSTem:REMote

SYSTem:RWLock

SYSTem:COMMunicate:RLSTate {LOCal|REMote|RWLock}

SYSTem:COMMunicate:GPIB
  :ADDRess <Adresse>
  :ADDRess?

SYSTem:COMMunicate:LAN
  :AUTOip[:STATe] {OFF|0|ON|1}
  :AUTOip[:STATe]?
  :IPADdress <Adresse>
  :IPADdress?
  :LIPaddress?
  :MAC?
  :MEDiasense {OFF|0|ON|1}
  :MEDiasense?
  :NETBios {OFF|0|ON|1}
  :NETBios?
  :TELNet:PROMpt <String>
  :TELNet:PROMpt?
  :TELNet:WMESsage <String>
  :TELNet:WMESsage?
```

PLL-Befehle

Diese Befehle benötigen Option 001, Externe Zeitbasis-Referenz.
Weitere Informationen finden Sie auf Seite 278.

```
PHASe {<Winkel>|MINimum|MAXimum}
PHASe? [MINimum|MAXimum]

PHASe:REFerence

PHASe:UNLock:ERRor:STATe {OFF|ON}
PHASe:UNLock:ERRor:STATe?

UNIT:ANGLe {DEGree|RADian}
UNIT:ANGLe?
```

Statusregisterbefehle

*Die **fett** gedruckten Parameter sind die Standardparameter, wie sie vom Befehl `*RST` (Reset) eingestellt werden.*

(*weitere Informationen siehe Seite 290*)

```
*STB?

*SRE <Aktivierungswert>
*SRE?

STATus
  :QUEStionable:CONDition?
  :QUEStionable[:EVENt]?
  :QUEStionable:ENABle <Aktivierungswert>
  :QUEStionable:ENABle?

*ESR?

*ESE <Aktivierungswert>
*ESE?

*CLS

STATus:PRESet

*PSC {0|1}
*PSC?

*OPC
```

Kalibrierbefehle

(*weitere Informationen siehe Seite 294*)

```
CAL?
CAL
  :SECure:STATe {OFF|ON},<Code>
  :SECure:STATe?
  :SECure:CODE <Neuer Code>
  :SETup <0|1|2|3| . . . |94>
  :SETup?
  :VALue <Wert>
  :VALue?
  :COUNt?
  :STRing <String in Anführungszeichen>
  :STRing?
```


IEEE 488.2-Universalbefehle

```
*CLS
*ESR?
*ESE <Aktivierungswert>
*ESE?
*IDN?
*LRN?
*OPC
*OPC?
*PSC {0|1}
*PSC?
*RST
*SAV {0|1|2|3|4}
*RCL {0|1|2|3|4}
*STB?
*SRE <Aktivierungswert>
*SRE?
*TRG
*TST?
```

Der Gerätezustand 0 ist der Zustand beim Ausschalten des Funktionsgenerators. Die Gerätezustände 1, 2, 3 und 4 sind benutzerdefinierte Zustände.

Grundlagen der Programmierung

Dieser Abschnitt gibt eine Einführung in die Grundlagen der Programmierung des Funktionsgenerator über die Fernsteuerungsschnittstelle. Dieser Abschnitt soll nur einen Überblick vermitteln und enthält *nicht* alle Informationen, die Sie benötigen, um eigene Anwendungsprogramme für das Gerät zu schreiben. Weitere Informationen finden Sie in den übrigen Abschnitten dieses Kapitels sowie in Kapitel 6.

Anwendung des Befehls APPLy

Der Befehl `APPLy` bietet die einfachste Möglichkeit zur Programmierung des Funktionsgenerators über die Fernsteuerungsschnittstelle.
Beispiel: Der folgende Befehl bewirkt die Ausgabe eines Sinussignals mit einer Amplitude von 3 Vpp, einer Frequenz von 5 kHz und einer Offsetspannung von -2.5 Volt.

```
APPL:SIN 5.0E+3, 3.0, -2.5
```


Anwendung der Low-Level-Befehle

Der Befehl `APPLy` ist zwar sehr einfach anzuwenden, doch bieten die Low-Level-Befehle eine größere Flexibilität beim Ändern einzelner Parameter. Beispiel: Die folgenden Befehle bewirken die Ausgabe eines Sinussignals mit einer Amplitude von 3 Vpp, einer Frequenz von 5 kHz und einer Offsetspannung von -2.5 Volt.

```
FUNC SIN                 Wahl der Ausgangsfunktion Sinus
FREQ 5000                Wahl der Frequenz 5 kHz
VOLT 3.0                 Wahl der Amplitude 3 Vpp
VOLT:OFFS -2.5           Wahl der Offsetspannung -2.5 Vdc
```

Abfragebefehle

Nur die sogenannten Abfragebefehle (das sind solche, die mit „**?**“ enden) veranlassen den Funktionsgenerator zum Senden einer Antwort. Solche Antworten enthalten Informationen über Funktionsgenerator-Einstellungen. Die folgende Befehlsfolge, beispielsweise, liest die letzte in der Fehlerwarteschlange des Funktionsgenerators enthaltene Fehlermeldung ein.

```
Dimensionierungsanweisung String-Array (255 Elemente) dimensionieren
SYST:ERR?                 Fehlerwarteschlange abfragen
Enter-Befehl              Fehler-String eingeben
```


Wahl einer Triggerquelle

In der Betriebsart *„Sweep“* oder *„Burst“* akzeptiert der Funktionsgenerator folgende Trigger: sofortiger interner Trigger, Hardware-Trigger über den rückseitigen Anschluss *Trig In*, manueller Trigger (Taste Trigger) oder Software- (Bus-) Trigger. Standardmäßig ist die interne Triggerquelle gewählt. Wenn Sie das Gerät durch ein externes Triggersignal oder durch einen Software-Trigger triggern möchten, müssen Sie znächst die betreffende Triggerquelle wählen. Beispiel: Die folgenden Befehle bewirken, dass das Funktionsgenerator bei jeder positiven TTL-Flanke am rückseitigen Anschluss *Trig In* einen aus drei Zyklen bestehenden Burst ausgibt.

```
BURS:NCYC 3               Spezifizieren der Burst-Anzahl (drei Zyklen)
TRIG:SLOP POS             Wahl der Polarität (positiv)
TRIG:SOUR EXT             Wahl der externen Triggerquelle
BURS:STAT ON              Aktivieren der Burst-Betriebsart
```

Anwendung des Befehls APPLy

Siehe auch „Ausgangskonfiguration“, beginnend auf Seite 64 in Kapitel 3.

Der Befehl `APPLy` bietet die einfachste Möglichkeit zur Programmierung des Funktionsgenerators über die Fernsteuerungsschnittstelle. Mit einem einzigen Befehl können Sie die Ausgangsfunktion, die Frequenz, die Amplitude und die Offsetspannung wählen:

`APPLy:`<*Funktion*> `[`<*Frequenz*> `[,`<*Amplitude*> `[,`<*Offset*>`] ]]`

Beispiel: Der folgende Befehl bewirkt die Ausgabe eines Sinussignals mit einer Amplitude von 3 Vpp, einer Frequenz von 5 kHz und einer Offsetspannung von -2.5 Volt.

```
APPL:SIN 5 KHZ, 3.0 VPP, -2.5 V
```

Der Befehl `APPLy` bewirkt folgende Operationen:

- Es wird die Triggerquelle *Immediate* gewählt (äquivalent zum Befehl `TRIG:SOUR IMM`).
- Falls eine Modulations-, Wobbel- oder Burst-Betriebsart aktiv ist, wird diese deaktiviert und das Gerät für die Ausgabe eines kontinuierlichen Signals konfiguriert.
- Der Ausgang *Output* wird aktiviert (Befehl `OUTP ON`); die Lastwiderstand-Einstellung wird *nicht* verändert (Befehl `OUTP:LOAD`).
- Die automatische Spannungsbereichswahl wird aktiviert (Befehl `VOLT:RANG:AUTO`).
- Für Rechtecksignale wird ein Tastverhältnis von 50 % gewählt (Befehl `FUNC:SQU:DCYC`).
- Für Sägezahnsignale wird ein Symmetrieverhältnis von 100 % gewählt (Befehl `FUNC:RAMP:SYMM`).

Eine Beschreibung der Syntax des Befehls `APPLy` *finden Sie auf Seite 187.*

Ausgangsfrequenz

- Der für den Parameter *Frequenz* des Befehls `APPLy` verfügbare Frequenzbereich ist von der spezifizierten Ausgangsfunktion abhängig. Für den Parameter *Frequenz* können Sie statt eines bestimmten Wertes auch „MINimum“, „MAXimum“ oder „DEFault“ spezifizieren. MIN spezifiziert die niedrigste Frequenz und MAX die höchste Frequenz, die für die jeweilige Ausgangsfunktion zulässig ist. *Die Standardfrequenz ist für alle Ausgangsfunktionen 1 kHz.*

Funktion	Minimale Frequenz	Maximale Frequenz
Sinus	1 µHz	20 MHz
Rechteck	1 µHz	20 MHz
Sägezahn	1 µHz	200 MHz
Puls	500 µHz	5 MHz
Rauschen, DC	–	–
Arb	1 µHz	6 MHz

- *Einschränkungen durch die Ausgangsfunktion*: Der verfügbare Frequenzbereich ist von der im Befehl `APPLy` spezifizierten Ausgangsfunktion abhängig. Mit dem Befehl `APPLy` werden immer sowohl Funktion als auch Frequenz eingestellt; die spezifizierte Frequenz muss entsprechend der Funktion gewählt sein. Der Befehl `APPL:RAMP 20 MHz` führt beispielsweise zu dem Fehler „Data out of range“. Die Frequenz wird anschließend auf 200 kHz eingestellt und somit auf das Maximum für ein Sägezahnsignal.

Ausgangsamplitude

- Der für den Parameter *Amplitude* des Befehls `APPLy` verfügbare Amplitudenbereich ist von der spezifizierten Ausgangsfunktion und dem spezifizierten Lastwiderstand abhängig. Für den Parameter *Amplitude* können Sie statt eines bestimmten Wertes auch „MINimum“, „MAXimum“ oder „DEFault“ spezifizieren. MIN spezifiziert den kleinstmöglichen Amplitudenwert (10 mVpp an 50 Ohm). MAX spezifiziert den größten Amplitudenwert, der für die spezifizierte Funktion zulässig ist (maximal 10 Vpp an 50 Ohm, je nach Funktion und Offsetspannung). *Der Standardwert für die Ausgangsamplitude ist 100 mVpp (an 50 Ohm); dieser Wert gilt für alle Ausgangsfunktionen.*

- *Einschränkungen durch den Lastwiderstandswert:* Der verfügbare Ausgangsamplitudenbereich ist von der aktuellen Lastwiderstand-

Einstellung abhängig. (Der Befehl APPLy hat keine Auswirkungen auf die Lastwiderstand-Einstellung). Beispiel: Wenn Sie die Amplitude auf 10 Vpp einstellen und anschließend den Lastwiderstand von 50 Ohm auf „high impedance“ ändern, verdoppelt sich der angezeigte Amplitudenwert auf 20 Vpp (ohne dass ein Fehler gemeldet wird). Wenn Sie den Lastwiderstand von „high impedance“ auf 50 Ohm abändern, halbiert sich der angezeigte Amplitudenwert. *Weitere Informationen hierzu siehe unter OUTP:LOAD auf Seite 201.*

- Mit dem Befehl APPLy können Sie die Ausgangsamplitude in der Einheit Vpp, Vrms oder dBm spezifizieren. Beispiel:

  ```
  APPL:SIN 5.0E+3, 3.0 VRMS, -2.5
  ```

  Alternativ können Sie mit dem Befehl VOLT:UNIT (siehe Seite 203) die Ausgangseinheit für alle nachfolgenden Befehle spezifizieren. Sofern Sie diese Einheit nicht mit dem Befehl APPLy spezifizieren, gilt die mit dem Befehl VOLT:UNIT spezifizierte Einheit. Beispiel: Wenn Sie mit dem Befehl VOLT:UNIT die Einheit „Vrms“ spezifizieren und im Befehl APPLy den Parameter *Amplitude nicht* angeben, spezifiziert der Befehl APPLy implizit die Einheit „Vrms“.

- Die Amplitudenmaßeinheit „dBm“ ist nicht verfügbar, wenn Sie den Lastwiderstand „high impedance“ spezifiziert haben. In diesem Fall wird die Amplitude automatisch in Vpp umgerechnet. *Weitere Informationen hierzu siehe unter VOLT:UNIT auf Seite 203.*

- *Einschränkungen durch die Maßeinheit*: In bestimmten Fällen wird der Amplitudenbereich durch die gewählte Amplitudenmaßeinheit eingeschränkt. Dies kann geschehen, wenn Sie die Amplitudeneinheit *Vrms* oder *dBm* gewählt haben, und ist darauf zurückzuführen, dass der Scheitelfaktor des Ausgangssignals von der Signalform abhängig ist. Beispiel: Das Gerät ist für die Ausgabe eines Rechtecksignals mit einer Effektivspannung von 5 Vrms (an 50 Ohm) konfiguriert. Wenn Sie dann auf Sinus umschalten, wird die Amplitude automatisch auf 3.536 Vrms abgeändert (dies ist die maximal mögliche Effektivspannung für Sinussignale). *Es wird die Fehlermeldung „Data out of range“ generiert, und die Amplitude wird automatisch wie beschrieben abgeändert.*

- *Einschränkungen bei Arbiträrsignalen*: Bei Arbiträrsignalen ist der Amplitudenbereich eingeschränkt, falls die Amplitudenwerte, aus denen sich das Signal zusammensetzt, nicht den vollen Bereich des Ausgangs-D/A-Wandlers ausnutzen. Beispiel: Das interne Arbiträr-

signal „Sinc“ nutzt nicht den vollen Wertebereich (±1) aus; dies schränkt den Amplitudenbereich auf 6.087 Vpp (an 50 Ohm) ein.

- Wenn Sie die Amplitude ändern und der neue Wert eine Umschaltung des Ausgangsabschwächerbereichs erfordert, wird das Ausgangssignal u. U. kurzzeitig unterbrochen. Die interne Amplitudenregelung gewährleistet jedoch, dass die Ausgangsspannung bei einer Bereichsumschaltung niemals den gewählten Wert überschreitet. Sie können diese Unterbrechung verhindern, indem Sie die automatische Spannungsbereichswahl mit dem Befehl `VOLT:RANG:AUTO` deaktivieren. (*Weitere Informationen hierzu siehe Seite 198*). Der Befehl `APPLy` aktiviert die automatische Bereichswahl.

DC-Offsetspannung

- Für den Parameter *Offset* des Befehls `APPLy` können Sie statt eines expliziten Wertes auch „MINimum“, „MAXimum“ oder „DEFault“ spezifizieren. MIN Spezifiziert den größten negativen Offsetspannungswert, der für die spezifizierte Funktion und Amplitude zulässig ist. MAX spezifiziert den größten positiven Offsetspannungswert, der für die spezifizierte Funktion und Amplitude zulässig ist. *Der Standardwert für die DC-Offsetspannung ist 0 Volt (für alle Funktionen).*

- *Einschränkungen durch die Amplitude*: Der Zusammenhang zwischen Offsetspannung und Ausgangsamplitude wird durch die nachfolgende Gleichung beschrieben. V*max* ist die maximal mögliche *Spitzenspannung* bei dem gewählten Lastwiderstand (5 Volt für 50 Ω bzw. 10 Volt für hochohmige Last).

$$|\mathrm{V}Offset| \leq \mathrm{V}max - \frac{\mathrm{V}pp}{2}$$

  Falls der spezifizierte Offsetspannungswert unzulässig ist, wird er automatisch auf den maximalen Wert abgeändert, der für die spezifizierte Amplitude zulässig ist. *Es wird die Fehlermeldung „Data out of range“ generiert, und die Offsetspannung wird automatisch wie beschrieben abgeändert.*

- *Einschränkungen durch den Lastwiderstandswert:* Der verfügbare Offsetspannungsbereich ist von der aktuellen Lastwiderstand-Einstellung abhängig. (Der Befehl `APPLy` hat keine Auswirkungen auf die Lastwiderstand-Einstellung). Beispiel: Wenn Sie die Offsetspannung auf 100 mVdc einstellen und anschließend den Lastwiderstand von 50 Ohm auf „high impedance“ ändern, verdoppelt sich der ange-

zeigte Offsetspannungswert auf 200 mVdc. Wenn Sie den Lastwiderstand von „high impedance“ auf 50 Ohm abändern, halbiert sich der angezeigte Offsetspannungswert. *Weitere Informationen hierzu siehe unter* `OUTP:LOAD` *auf Seite 201.*

- *Einschränkungen bei Arbiträrsignalen:* Bei Arbiträrsignalen sind die Offsetspannungs- und Amplitudenbereiche eingeschränkt, falls die Amplitudenwerte, aus denen sich das Signal zusammensetzt, nicht den vollen Bereich des Ausgangs-D/A-Wandlers ausnutzen. Beispiel: Das interne Arbiträrsignal „Sinc“ nutzt nicht den vollen Wertebereich (±1) aus; dies schränkt den Offsetspannungsbereich auf 4.95 V (an 50 Ohm) ein. Der DAC-Wert „0“ wird auch dann als Offset-Referenz verwendet, wenn die Signaldatenpunkte nicht den gesamten Wertebereich des Ausgangs-DACs umspannen.

Syntax des Befehls APPLy

- Weil der Befehl `APPLy` optionale Parameter zulässt (diese sind in eckige Klammern eingeschlossen), müssen Sie den Parameter *Frequenz* spezifizieren, wenn Sie den Parameter *Amplitude* verwenden möchten; wenn Sie den Parameter *Offset* verwenden möchten, müssen Sie die Parameter *Frequenz* und *Amplitude* spezifizieren. Der folgende Befehl, beispielsweise, ist gültig (*Frequenz* und *Amplitude* werden spezifiziert; *Offset* wird weggelassen, es gilt dann der Standardwert).

  ```
  APPL:SIN 5.0E+3, 3.0
  ```

  Es wäre jedoch unzulässig, den Parameter *Amplitude* oder *Offset* zu spezifizieren, ohne den Parameter *Frequenz* zu spezifizieren.

- Für die Parameter *Frequenz*, *Amplitude* und *Offset* können Sie statt expliziter Werte auch „MINimum“, „MAXimum“ oder „DEFault“ spezifizieren. Beispiel: Der folgende Befehl bewirkt die Ausgabe eines Sinussignals mit einer Amplitude von 3 Vpp, einer Frequenz von 20 MHz (der maximal zulässigen Frequenz für Sinussignale) und einer Offsetspannung von -2.5 Volt.

  ```
  APPL:SIN MAX, 3.0, -2.5
  ```

- Der Befehl `APPLy` bewirkt folgende Operationen:
  - Es wird die Triggerquelle *Immediate* gewählt (äquivalent zum Befehl `TRIG:SOUR IMM`).

- Falls eine Modulations-, Wobbel- oder Burst-Betriebsart aktiv ist, wird diese deaktiviert und das Gerät für die Ausgabe eines kontinuierlichen Signals konfiguriert.
- Der Ausgang *Output* wird aktiviert (Befehl `OUTP ON`); die Lastwiderstand-Einstellung wird *nicht* verändert (Befehl `OUTP:LOAD`).
- Die automatische Spannungsbereichswahl wird aktiviert (Befehl `VOLT:RANG:AUTO`).
- Für Rechtecksignale wird ein Tastverhältnis von 50 % gewählt (Befehl `FUNC:SQU:DCYC`).
- Für Sägezahnsignale wird ein Symmetrieverhältnis von 100 % gewählt (Befehl `FUNC:RAMP:SYMM`).

`APPLy:SINusoid` [<*Frequenz*> [,<*Amplitude*> [,<*Offset*>]]]

Dieser Befehl bewirkt die Ausgabe eines Sinussignals mit der spezifizierten Frequenz, Amplitude und Offsetspannung. Das Signal wird sofort bei Ausführung des Befehls ausgegeben.

`APPLy:SQUare` [<*Frequenz*> [,<*Amplitude*> [,<*Offset*>]]]

Dieser Befehl bewirkt die Ausgabe eines Rechtecksignals mit der spezifizierten Frequenz, Amplitude und Offsetspannung. Dieser Befehl wählt, unabhängig von der aktuellen Tastverhältnis-Einstellung, ein Tastverhältnis von 50 %. Das Signal wird sofort bei Ausführung des Befehls ausgegeben.

`APPLy:RAMP` [<*Frequenz*> [,<*Amplitude*> [,<*Offset*>]]]

Dieser Befehl bewirkt die Ausgabe eines Sägezahnsignals mit der spezifizierten Frequenz, Amplitude und Offsetspannung. Dieser Befehl wählt, unabhängig von der aktuellen Symmetrieverhältnis-Einstellung, ein Symmetrieverhältnis von 100 %. Das Signal wird sofort bei Ausführung des Befehls ausgegeben.

`APPLy:PULSe` [<*Frequenz*> [,<*Amplitude*> [,<*Offset*>]]]

Dieser Befehl bewirkt die Ausgabe eines Pulssignals mit der spezifizierten Frequenz, Amplitude und Offsetspannung. Das Signal wird sofort bei Ausführung des Befehls ausgegeben.

- Dieser Befehl hat keine Auswirkungen entweder auf die aktuelle Einstellung der Pulsbreite (Befehl `FUNC:PULS:WIDT`) oder die Einstellung des Tastverhältnisses des Pulssignals (Befehl `FUNC:PULS:DCYC`), je nachdem, welche Einstellung als unverän-

derlich festgelegt wurde (Befehl `FUNC:PULS:HOLD`). Auch die Einstellung der Flankenzeit (Befehl `FUNC:PULS:TRAN`) wird beibehalten. Jedoch wird die Pulsbreite oder Flankenzeit automatisch angepasst, falls der Wert für die spezifizierte Frequenz unzulässig ist. *Weitere Informationen über das Einstellen der Pulsbreite und Flankenzeit finden Sie auf Seite 204.*

`APPLy:NOISe` [<*Frequenz*|**`DEFault`**>[,<*Amplitude*> [,<*Offset*>]]]

Dieser Befehl bewirkt die Ausgabe eines Gaußschen Rauschsignals mit der spezifizierten Amplitude und Offsetspannung. Das Signal wird sofort bei Ausführung des Befehls ausgegeben.

- Der Parameter *Frequenz* ist bei diesem Befehl zwar ohne Bedeutung, aber Sie müssen dennoch einen Wert oder „DEFault“ spezifizieren (das Rauschen hat eine Bandbreite von 10 MHz). Falls Sie einen expliziten Frequenzwert spezifizieren, hat dieser keinen Einfluss auf das Rauschsignal, aber der Funktionsgenerator „erinnert“ sich an diesen Wert, wenn später eine andere Ausgangsfunktion gewählt wird. Das folgende Beispiel demonstriert die Anwendung des Befehls `APPLy` auf Rauschsignale.

  ```
  APPL:NOIS DEF, 5.0, 2.0
  ```

`APPLy:DC` [<*Frequenz*|**`DEFault`**> [,<*Amplitude*>|**`DEFault`**> [,<*Offset*>]]]

Dieser Befehl bewirkt die Ausgabe einer Gleichspannung mit dem durch den Parameter *Offset* spezifizierten Wert. Der zulässige Bereich für die Gleichspannung ist ±5 Vdc an 50 Ohm bzw. ±10 Vdc im Leerlauf. Die Gleichspannung wird sofort bei Ausführung des Befehls ausgegeben.

- Die Parameter *Frequenz* und *Amplitude* sind bei diesem Befehl ohne Bedeutung; Sie müssen dennoch aus Syntax-Gründen einen expliziten Wert oder „DEFault“ spezifizieren. Falls Sie eine Frequenz und eine Amplitude spezifizieren, haben diese Werte zwar keinen Einfluss auf die ausgegebene Gleichspannung, aber der Funktionsgenerator „erinnert“ sich an diese Werte, wenn später eine andere Ausgangsfunktion gewählt wird. Das folgende Beispiel demonstriert die Anwendung des Befehls `APPLy` auf die Funktion Gleichspannung.

  ```
  APPL:DC DEF, DEF, -2.5
  ```

`APPLy:USER` [<*Frequenz*> [,<*Amplitude*> [,<*Offset*>]]]

Dieser Befehl bewirkt die Ausgabe des mit dem Befehl `FUNC:USER` gewählten Arbiträrsignals. Das Signal wird mit der spezifizierten Frequenz, Amplitude und Offsetspannung ausgegeben. Das Signal wird sofort bei Ausführung des Befehls ausgegeben. *Informationen über das Herunterladen von Arbiträrsignalen in den Internspeicher des Funktionsgenerators siehe Seite 250.*

APPLy?

Dieser Befehl fragt die aktuelle Funktionsgenerator-Konfiguration ab und liefert einen in Anführungszeichen eingeschlossenen String zurück. Das Ergebnis der Abfrage können Sie dazu verwenden, um den Funktionsgenerator später mit dem `APPL:` wieder in den gleichen Zustand zu bringen. Der zurückgelieferte String enthält Informationen über die Funktion, Frequenz, Amplitude und Offsetspannung. Das Format ist aus dem nachfolgenden Beispiel ersichtlich. (Die Anführungszeichen sind Bestandteil des Strings).

```
"SIN +5.0000000000000E+03,+3.0000000000000E+00,-
2.5000000000000E+00"
```

Befehle zum Konfigurieren des Ausgangs

Siehe auch „Ausgangskonfiguration", beginnend auf Seite 64 in Kapitel 3.

Dieser Abschnitt beschreibt die Low-Level-Befehle zur Programmierung des Funktionsgenerators. (Dies sind Befehle, mit denen Sie einzelne Parameter und Systemeinstellungen spezifizieren können). Der Befehl `APPLy` ist zwar einfacher anzuwenden, doch bieten die Low-Level-Befehle eine größere Flexibilität beim Ändern einzelner Parameter.

`FUNCtion {SINusoid|SQUare|RAMP|PULSe|NOISe|DC|USER}`
`FUNCtion?`

Dieser Befehl dient zur Wahl der Ausgangsfunktion. Die gewählte Signalform wird unter Verwendung der zuletzt spezifizierten Frequenz-, Amplituden- und Offsetspannungswerte ausgegeben. The Die Abfrage `FUNC?` liefert den Wert „SIN", „SQU", „RAMP", „PULS", „NOIS", „DC" oder „USER" zurück.

- Wenn Sie „USER" wählen, gibt der Funktionsgenerator das zuvor mit dem Befehl `FUNC:USER` gewählte Arbiträrsignal aus.
- Die nachfolgende Tabelle zeigt, welche Ausgangsfunktionen mit Modulation, Wobbelung bzw. Burst kombiniert werden können. Alle durch „•" gekennzeichneten Kombinationen sind zulässig. Wenn Sie auf eine Ausgangsfunktion umschalten, die nicht mit Modulation, Wobbelung oder Burst kombinierbar ist, wird die Modulations-, Wobbel- oder Burst-Funktion gegebenenfalls abgeschaltet.

	„Sine"	„Square"	„Ramp"	„Pulse"	„Noise"	„DC"	„User"
AM-, FM-, PM-, FSK-Trägersignal	•	•	•				•
PWM-Trägersignal				•			
Wobbelbetriebsart	•	•	•				•
Burst-Betriebsart	•	•	•	•	•[1]		•

[1] *Nur in der Betriebsart „External Gated Burst" erlaubt.*

- *Einschränkung des Frequenzbereichs:* Wenn Sie auf eine Funktion umschalten, deren maximale Frequenz niedriger ist als die der aktuellen Funktion, wird die Frequenz gegebenenfalls automatisch auf die Obergrenze für die neue Funktion reduziert. Wenn Sie das Gerät beispielsweise für die Ausgabe eines Sinussignals mit einer Frequenz von 200 kHz konfiguriert haben und dann auf die Ausgangsfunktion Sägezahn umschalten, wird die Frequenz automatisch auf 1 MHz reduziert (dies ist die maximale Frequenz für Sägezahnsignale). *Es wird die Fehlermeldung „Settings conflict" generiert, und die Frequenz wird wie beschrieben abgeändert.*

- *Einschränkung des Amplitudenbereichs:* Wenn Sie auf eine Funktion umschalten, deren maximale Amplitude niedriger ist als die der aktuellen Funktion, wird die Amplitude gegebenenfalls automatisch auf die maximale Amplitude für die neue Funktion reduziert. Dies kann wegen der je nach Signalform unterschiedlichen Scheitelfaktoren geschehen, wenn Sie die Amplitudeneinheit Vrms oder dBm gewählt haben.

  Beispiel: Das Gerät ist für die Ausgabe eines Rechtecksignals mit einer Effektivspannung von 5 Vrms (an 50 Ohm) konfiguriert. Wenn Sie dann auf Sinus umschalten, wird die Amplitude automatisch auf 3.536 Vrms abgeändert (dies ist die maximale Effektivspannung für Sinussignale). *Es wird die Fehlermeldung „Settings conflict" generiert, und die Amplitude wird wie beschrieben abgeändert.*

Frequenz {<*Frequenz*>|**MINimum**|**MAXimum**}
FREQuency? [**MINimum**|**MAXimum**]

Dieser Befehl spezifiziert die Ausgangsfrequenz. MIN spezifiziert die niedrigste Frequenz und MAX die höchste Frequenz, die für die jeweilige Ausgangsfunktion zulässig ist. Die Standard-Ausgangsfrequenz ist für alle Funktionen 1 kHz. Der Befehl FREQ? liefert die aktuelle Frequenzeinstellung (in Hertz) für die derzeit gewählte Ausgangsfunktion zurück.

Funktion	Minimale Frequenz	Maximale Frequenz
Sinus	1 µHz	20 MHz
RechtecK	1 µHz	20 MHz
Sägezahn	1 µHz	200 MHz
Puls	500 µHz	5 MHz
Rauschen, DC	–	–
Arb	1 µHz	6 MHz

- *Einschränkung*: Wie Sie der obigen Tabelle entnehmen können, ist der verfügbare Frequenzbereich von der Funktion abhängig. Ist in einem Befehl eine Frequenz spezifiziert, die außerhalb des Frequenzbereiches der aktuellen Funktion liegt, so verursacht dies einen Fehler. Wenn Sie beispielsweise für die aktuelle Funktion „Sägezahn" den Befehl `FREQ 20 MHz20` ausgeben, verursacht dies den Fehler „Data out of range". Die Frequenz wird anschließend auf 200 kHz und damit auf die Maximalfrequenz für ein Sägezahnsignal gesenkt.

- *Einschränkung des Tastverhältnisbereichs:* Bei Rechtecksignalen gelten für höhere Frequenzen folgende Einschränkungen bezüglich des Tastverhältnisses:

  20 % bis 80 % (Frequenz ≤ 10 MHz)
  40 % bis 60 % (Frequenz > 10 MHz)

  Wenn Sie auf eine Frequenz umschalten, die mit dem derzeit gewählten Tastverhältnis nicht kompatibel ist, wird das Tastverhältnis automatisch auf den maximal zulässigen Wert für die neue Frequenz abgeändert. Beispiel: Wenn Sie ein Tastverhältnis von 70 % wählen und dann die Frequenz auf 12 MHz abändern, wird das Tastverhältnis automatisch auf 60 % abgeändert (dies ist das maximal zulässige Tastverhältnis für diese Frequenz). *Es wird die Fehlermeldung „Settings conflict" generiert, und das Tastverhältnis wird automatisch wie beschrieben abgeändert.*

`VOLTage` {<*Amplitude*>|**`MINimum`**|**`MAXimum`**}
`VOLTage?` [**`MINimum`**|**`MAXimum`**]

Dieser Befehl spezifiziert die Ausgangsamplitude. Der Standardwert für die Ausgangsamplitude ist 100 mVpp (an 50 Ω); dieser Wert gilt für alle Ausgangsfunktionen. MIN spezifiziert den kleinstmöglichen Amplitudenwert (10 mVpp an 50 Ω). MAX spezifiziert den größten Amplitudenwert, der für die spezifizierte Funktion zulässig ist (maximal 10 Vpp an 50 Ω, je nach Funktion und Offsetspannung). Der Befehl `VOLT?` liefert die aktuelle Ausgangsamplitudeneinstellung für die derzeit gewählte Ausgangsfunktion zurück, und zwar in der Einheit, die zuletzt mit dem Befehl `VOLT:UNIT` spezifiziert wurde.

- *Einschränkung des Offset-Spannungsbereichs:* Die Ausgangsamplitude und der Offset stehen mit Vmax wie unten dargestellt in Beziehung.

  $|\text{Voffset}| + \text{Vpp} \div 2 \leq \text{Vmax}$

Dabei ist Vmax die maximal mögliche Spitzenspannung für den gewählten Lastwiderstand (5 Volt für 50 Ω bzw. 10 Volt für hochohmige Last). Die mit dem Befehl `VOLT` spezifizierte neue Amplitude wird angewendet; *möglicherweise wird jedoch die Offset-Spannung entsprechend reduziert, was zu dem Fehler „Settings conflict" führt.*

- *Einschränkungen durch den Lastwiderstandswert*: Wenn Sie die Lastwiderstandswert-Einstellung ändern, ändert sich die Amplitudenanzeige entsprechend (wobei keine Fehlermeldung angezeigt wird). Beispiel: Wenn Sie die Amplitude auf 10 Vpp einstellen und anschließend den Lastwiderstand von 50 Ohm auf „high impedance" ändern, *verdoppelt sich* der angezeigte Amplitudenwert auf 20 Vpp. Wenn Sie den Lastwiderstand von „high impedance" auf 50 Ohm abändern, halbiert sich der angezeigte Amplitudenwert. *Weitere Informationen siehe unter* `OUTP:LOAD` *auf Seite 201.*

- Mit dem Befehl `VOLT` können Sie die Ausgangsamplitude in der Einheit Vpp, Vrms oder dBm spezifizieren. Beispiel:

  ```
  VOLT 3.0 VRMS
  ```

  Alternativ können Sie mit dem Befehl `VOLT:UNIT` (siehe Seite 203) die Ausgangseinheit für alle nachfolgenden Befehle spezifizieren.

- Die Amplitudenmaßeinheit „dBm" ist nicht verfügbar, wenn Sie den Lastwiderstand „high impedance" spezifiziert haben. In diesem Fall wird die Amplitude automatisch in Vpp umgerechnet. *Weitere Informationen hierzu siehe unter* `VOLT:UNIT` *auf Seite 203.*

- *Einschränkungen durch die Maßeinheit*: In bestimmten Fällen wird der Amplitudenbereich durch die gewählte Amplitudenmaßeinheit eingeschränkt. Dies kann geschehen, wenn Sie die Amplitudeneinheit *Vrms* oder *dBm* gewählt haben, und ist darauf zurückzuführen, dass der Scheitelfaktor des Ausgangssignals von der Signalform abhängig ist. Beispiel: Das Gerät ist für die Ausgabe eines Rechtecksignals mit einer Effektivspannung von 5 Vrms (an 50 Ohm) konfiguriert. Wenn Sie dann auf Sinus umschalten, wird die Amplitude automatisch auf 3.536 Vrms abgeändert (dies ist die maximal mögliche Effektivspannung für Sinussignale). *Es wird die Fehlermeldung „Settings conflict" generiert, und die Amplitude wird wie beschrieben abgeändert.*

- *Einschränkungen bei Arbiträrsignalen*: Bei Arbiträrsignalen ist der Amplitudenbereich eingeschränkt, falls die Amplitudenwerte, aus denen sich das Signal zusammensetzt, nicht den vollen Bereich des Ausgangs-D/A-Wandlers ausnutzen. Beispiel: Das interne Arbiträrsignal „Sinc“ nutzt nicht den vollen Wertebereich (±1) aus; dies schränkt den Amplitudenbereich auf 6.087 Vpp (an 50 Ohm) ein.
- Wenn Sie die Amplitude ändern und der neue Wert eine Umschaltung des Ausgangsabschwächerbereichs erfordert, wird das Ausgangssignal u. U. kurzzeitig unterbrochen. Die interne Amplitudenregelung gewährleistet jedoch, dass die Ausgangsspannung bei einer Bereichsumschaltung niemals den gewählten Wert überschreitet. Sie können diese Unterbrechung verhindern, indem Sie die automatische Spannungsbereichswahl mit dem Befehl `VOLT:RANG:AUTO` deaktivieren (*Weitere Informationen siehe Seite 198*).
- Sie können die Amplitude (zusammen mit einer Offsetspannung) auch durch Vorgabe eines oberen und eines unteren Spannungspegels spezifizieren. Beispiel: Wenn Sie den oberen Spannungspegel („high“) auf +2 Volt einstellen und den unteren Spannungspegel („low“) auf -3 Volt, ergibt sich eine Amplitude von 5 Vpp und eine Offsetspannung von -500 mV. *Weitere Informationen siehe unter* `VOLT:HIGH` *und* `VOLT:LOW` *auf Seite 197*.
- Zur Ausgabe einer *Gleichspannung* müssen Sie mit dem Befehl `FUNC DC` die Ausgangsfunktion „DC“ wählen und dann mit dem Befehl `VOLT:OFFS` eine entsprechende Offsetspannung spezifizieren. Der DC-Ausgangsspannungsbereich beträgt ±5 Vdc an 50 Ohm oder ±10 Vdc im Leerlauf.

`VOLTage:OFFSet` {<*Offset*>|**`MINimum`**|**`MAXimum`**}
`VOLTage:OFFSet?` [**`MINimum`**|**`MAXimum`**]

Dieser Befehl spezifiziert die DC-Offsetspannung. Der Standardwert für die DC-Offsetspannung ist 0 Volt (für alle Funktionen). MIN spezifiziert den größten negativen Offsetspannungswert, der für die spezifizierte Funktion und Amplitude zulässig ist. MAX spezifiziert den größten positiven Offsetspannungswert, der für die spezifizierte Funktion und Amplitude zulässig ist. Der Befehl `:OFFS?` liefert die aktuelle Offsetspannungseinstellung für die derzeit gewählte Ausgangsfunktion zurück.

- Einschränkungen durch die Amplitude: Die Ausgangsamplitude und der Offset stehen mit Vmax wie unten dargestellt in Beziehung.

  $$|\text{Voffset}| + \text{Vpp} \div 2 \leq \text{Vmax}$$

  Dabei ist Vmax die maximal mögliche Spitzenspannung für den gewählten Lastwiderstand (5 Volt für 50 Ω bzw. 10 Volt für hochohmige Last). Der mit dem Befehl `VOLT:OFFS` spezifizierte neue Offset wird angewendet; *möglicherweise wird jedoch die Amplitude entsprechend reduziert, was zu einem Fehler „Settings conflict" führt.*

- *Einschränkungen durch den Lastwiderstandswert:* Der Offsetspannungsbereich ist vom spezifizierten Lastwiderstand abhängig. Beispiel: Wenn Sie die Offsetspannung auf 100 mVdc einstellen und anschließend den Lastwiderstand von 50 Ohm auf „high impedance" ändern, verdoppelt sich der angezeigte Offsetspannungswert auf 200 mVdc. Wenn Sie den Lastwiderstand von „high impedance" auf 50 Ohm abändern, halbiert sich der angezeigte Offsetspannungswert. *Weitere Informationen hierzu siehe unter `OUTP:LOAD` auf Seite 201.*

- *Einschränkungen bei Arbiträrsignalen:* Bei Arbiträrsignalen sind die Offsetspannungs- und Amplitudenbereiche eingeschränkt, falls die Amplitudenwerte, aus denen sich das Signal zusammensetzt, nicht den vollen Bereich des Ausgangs-D/A-Wandlers ausnutzen. Beispiel: Das interne Arbiträrsignal „Sinc" nutzt nicht den vollen Wertebereich (±1) aus; dies schränkt den Offsetspannungsbereich auf 4.95 V (an 50 Ohm) ein.

- Sie können die Offsetspannung auch durch Vorgabe eines oberen und eines unteren Pegels spezifizieren. Beispiel: Wenn Sie den oberen Spannungspegel („high") auf +2 Volt einstellen und den unteren Spannungspegel („low") auf -3 Volt, ergibt sich eine Amplitude von 5 Vpp und eine Offsetspannung von -500 mV. *Weitere Informationen siehe unter* `VOLT:HIGH` *und* `VOLT:LOW` *weiter unten in diesem Kapitel.*

- Zur Ausgabe einer *Gleichspannung* müssen Sie mit dem Befehl `FUNC DC` die Ausgangsfunktion „DC" wählen und dann mit dem Befehl `VOLT:OFFS` eine entsprechende Offsetspannung spezifizieren. Der DC-Ausgangsspannungsbereich beträgt ±5 Vdc an 50 Ohm oder ±10 Vdc im Leerlauf.

VOLTage
:HIGH {<*Spannung*>|**MINimum**|**MAXimum**}
:HIGH? [**MINimum**|**MAXimum**]
:LOW {<*Spannung*>|**MINimum**|**MAXimum**}
:LOW? [**MINimum**|**MAXimum**]

Dieser Befehl spezifiziert den „High"- oder „Low"-Pegel. Der Standard-„*High"-Pegel* ist für alle Funktionen +50 mV, der Standard-„*Low"-Pegel* ist -50 mV. MIN spezifiziert den größtmöglichen negativen Spannungswert für die gewählte Funktion, und MAX den größtmöglichen positive Spannungswert. Die Abfragebefehle `:HIGH?` und `:LOW?` liefern die aktuellen „High"- und „Low"-Pegel zurück.

- *Einschränkungen durch die Amplitude*: Sie können die positive oder negative „High"- bzw. „Low"-Spannungswerte spezifizieren. Der zulässige Wertebereich wird durch die nachfolgenden Formeln beschrieben. V*pp* ist die maximal zulässige Spitze-Spitze-Amplitude für den gewählten Lastwiderstand (10 Vpp für 50 Ohm bzw. 20 Vpp für „high-impedance").

  $$V_{high} - V_{low} \leq V_{pp}\,(\max) \quad \textbf{und} \quad V_{high}, V_{low} \leq \frac{V_{pp}\,(\max)}{2}$$

  Falls der spezifizierte Spannungswert ungültig ist, wird er automatisch auf den maximal zulässigen Wert abgeändert. *Es wird die Fehlermeldung „Data out of range" generiert, und die Amplitude wird automatisch wie beschrieben abgeändert.*

- Sie können für „High" und „Low" positive oder negative Werte spezifizieren. Beachten Sie jedoch, dass der „High"-Wert stets größer als der „Low"-Wert sein *muss*. Wenn Sie einen „Low"-Wert spezifizieren, der größer ist als der „High"-Wert, wird der „High"-Wert automatisch auf einen Wert von 1 mV über dem neuen „Low"-Wert gesetzt. *Dies führt zu einem Fehler „Settings conflict"*.

- Beachten Sie, dass Sie beim Spezifizieren der „High"- und „Low"-Werte implizit auch die Ausgangsamplitude spezifizieren. Beispiel: Wenn Sie „High" auf +2 Volt und „Low" auf -3 Volt einstellen, ergibt sich eine Amplitude von 5 Vpp und eine Offsetspannung von -500 mV.

- *Einschränkungen durch den Lastwiderstandswert:* Wenn Sie die Lastwiderstandswert-Einstellung ändern, ändern sich die angezeigten „High"- und „Low"-Werte entsprechend (wobei keine Fehlermeldung angezeigt wird). Beispiel: Wenn Sie die Amplitude auf +100 Vdc einstellen und anschließend den Lastwiderstand von 50 Ohm auf

„high impedance“ ändern, *verdoppelt* sich der angezeigte Spannungswert auf +200 Vdc. Wenn Sie den Lastwiderstand von „high impedance“ auf 50 Ohm abändern, halbiert sich der angezeigte Spannungswert. Weitere Informationen hierzu siehe unter `OUTP:LOAD` auf Seite 201.

- Mit dem Befehl `OUTP:POL` können Sie die Polarität des Ausgangssignals relativ zur Offsetspannung invertieren. *Weitere Informationen hierzu siehe Seite 202.*

`VOLTage:RANGe:AUTO {OFF|ON|ONCE}`
`VOLTage:RANGe:AUTO?`

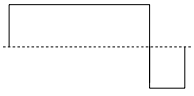
Dieser Befehl aktiviert oder deaktiviert die automatische Spannungsbereichswahl für alle Funktionen. In der Grundeinstellung ist die automatische Spannungsbereichswahl aktiv („ON“) ; der Funktionsgenerator wählt dann automatisch die optimalen Ausgangsverstärker- und Abschwächer-Einstellungen. Wenn die automatische Bereichswahl deaktiviert („OFF“) ist, verwendet der Funktionsgenerator die aktuellen Verstärker- und Abschwächer-Einstellungen. Der Abfragebefehl `:AUTO?` liefert den Wert „0“ (OFF) oder „1“ (ON) zurück.

- Der Befehl `APPLy` hat Vorrang gegenüber dem Befehl `AUTO` und aktiviert stets die automatische Spannungsbereichswahl.
- Das Abschalten der automatischen Bereichswahl bringt den Vorteil, dass die kurzzeitigen Signalunterbrechungen, die beim Ändern der Amplitudeneinstellung durch das Umschalten der Abschwächer hervorgerufen werden können, vermieden werden. Wenn allerdings bei abgeschalteter automatischer Bereichswahl die Amplitude auf einen Wert unterhalb der Bereichsumschaltgrenze reduziert wird, kann es vorkommen, dass die Amplituden- und Offsetspannungsgenauigkeit/-auflösung (und die Signalformgenauigkeit) beeinträchtigt werden.
- Der Parameter „ONCE“ hat die gleiche Wirkung wie die Befehlsfolge „VOLT:RANG:AUTO ON“, „VOLT:RANG:AUTO OFF“. Dieser Befehl ermöglicht eine einmalige Änderung der Verstärker/Abschwächer-Einstellung und schaltet dann wieder auf die `VOLT:RANG:AUTO OFF` Einstellung zurück.

`FUNCtion:SQUare:DCYCle` {<*Prozent*>|**`MINimum`**|**`MAXimum`**}
`FUNCtion:SQUare:DCYCle?` [**`MINimum`**|**`MAXimum`**]

Dieser Befehl spezifiziert das Tastverhältnis für *Rechtecksignale*. Das Tastverhältnis ist definiert als das Verhältnis (in Prozent) der Dauer des *HIGH*-Zustands zur Periodendauer. Diese Definition bezieht sich auf normale (nicht-invertierte) Signalpolarität. Der Standardwert ist 50. MIN spezifiziert das kleinste für die gewählte Frequenz zulässige Tastverhältnis und MAX das größte (siehe nachfolgend beschriebene Einschränkungen). Der Abfragebefehl `:DCYC?` liefert das aktuelle Tastverhältnis in Prozent zurück.

20 % Tastverhältnis



80 % Tastverhältnis

- Tastverhältnis: 20 % bis 80 % (*Frequenz* ≤ 10 MHz)
  40 % bis 60 % (*Frequenz* > 10 MHz)
- Bei Rechtecksignalen wählt der `APPLy`, unabhängig von der aktuellen Tastverhältnis-Einstellung, ein Tastverhältnis von 50 %.
- Die Tastverhältnis-Einstellung geht beim Umschalten von Rechteck auf eine andere Signalform nicht verloren. Sobald Sie wieder auf Rechteck umschalten, gilt wieder das zuvor gewählte Tastverhältnis.
- *Einschränkungen durch die Frequenz:* Wenn Sie die Funktion Rechteck gewählt haben und anschließend eine Frequenz wählen, die mit dem aktuellen Tastverhältnis nicht kompatibel ist, wird das Tastverhältnis automatisch auf den größtmöglichen Wert reduziert, der für die neue Frequenz zulässig ist. Beispiel: Wenn Sie ein Tastverhältnis von 70 % wählen und dann die Frequenz auf 12 MHz abändern, wird das Tastverhältnis automatisch auf 60 % abgeändert (dies ist das maximal zulässige Tastverhältnis für diese Frequenz). *Es wird die Fehlermeldung „Settings conflict" generiert, und das Tastverhältnis wird automatisch wie beschrieben abgeändert.*
- Wenn Sie ein Rechtecksignal als *Modulationssignal* für AM, FM, PM oder PWM wählen, ist die Tastverhältnis-Einstellung *ohne Bedeutung*. In diesem Fall wird stets ein Rechtecksignal mit einem Tastverhältnis von 50 % verwendet.

FUNCtion:RAMP:SYMMetry {<*Prozent*>|**MINimum**|**MAXimum**}
FUNCtion:RAMP:SYMMetry? [**MINimum**|**MAXimum**]

Dieser Befehl spezifiziert das Symmetrieverhältnis für *Sägezahnsignale*. Das Symmetrieverhältnis ist definiert als das prozentuale Verhältnis der *Anstiegsdauer* des Sägezahnsignals zur Periodendauer. Diese Definition bezieht sich auf normale (nicht-invertierte) Signalpolarität. Der zulässige Wertebereich für das Symmetrieverhältnis ist 0 % bis 100 %. Der Standardwert ist 100 %. MIN = 0 %. MAX = 100 %. Der Abfragebefehl `:SYMM?` liefert das aktuelle Symmetrieverhältnis in Prozent zurück.

0 % Symmetrieverhältnis **100 % Symmetrieverhältnis**

- Bei Sägezahnsignalen wählt der `APPLy`, unabhängig von der aktuellen Symmetrieverhältnis-Einstellung, ein Tastverhältnis von 100 %.
- Die Symmetrieverhältnis-Einstellung geht beim Umschalten von Sägezahn auf eine andere Funktion nicht verloren. Sobald Sie wieder auf Sägezahn umschalten, gilt wieder das zuvor gewählte Symmetrieverhältnis.
- Wenn Sie ein Sägezahnsignal als *Modulationssignal* für AM oder Frequenzmodulation wählen, ist die Symmetrieverhältnis-Einstellung *ohne Bedeutung*.

OUTPut {**OFF**|**ON**}
OUTPut?

Der Befehl deaktiviert oder aktiviert den Signalausgang *Output* auf der Frontplatte. Der Standardwert ist „50“ OFF. Wenn der Ausgang aktiv ist, leuchtet die Taste (Output). Der Abfragebefehl `:OUTP?` liefert den Wert „0“ (OFF) oder „1“ (ON) zurück.

- Der Befehl `APPLy` hat Vorrang gegenüber der mit dem Befehl `OUTP` vorgenommenen Einstellung und aktiviert („ON“) automatisch den Ausgang *Output*.

- Wenn an den Ausgang *Output* eine unzulässig hohe externe Spannung angelegt wird, erscheint eine Fehlermeldung, und der Ausgang wird deaktiviert. Sie können den Ausgang *Output* wieder aktivieren, indem Sie die externe Überspannung entfernen und anschließend den Befehl `OUTP ON` senden.

Mit dem Befehl `OUTPut {OFF|ON}` ändern Sie den Status des Ausgangs-Anschlusses durch Umschalten des Ausgangrelais. Dieser Befehl setzt jedoch die Spannung, die vor dem Umschalten des Relais ausgegeben wird, nicht auf Null. Daher kann das Ausgangssignal für die Dauer ungefähr einer Millisekunde „Glitches“ (Störnadeln) aufweisen, bis sich das Signal stabilisiert. Diese Glitches können minimiert werden, wenn Sie erst die Amplitude (mit dem Befehl `VOLTage`) auf den Minimalwert und den Offset (mit dem Befehl `VOLTage:OFFSet`) auf Null setzen, bevor Sie den Status des Ausgangs ändern.

`OUTPut:LOAD` {<*Ohm*>**`|INFinity|MINimum|MAXimum`**}
`OUTPut:LOAD?` [**`MINimum|MAXimum`**]

Dieser Befehl spezifiziert den Lastwiderstand (d. h. den Widerstand der am Signalausgang des Agilent 33220A angeschlossenen Last). Der spezifizierte Wert wirkt sich auf die Amplituden-, Offset- und „High“/„Low“-Pegel-Einstellungen aus. Sie können einen Lastwiderstand im Bereich von 1 Ω bis 10 kΩ spezifizieren. MIN spezifiziert 1 Ω. MAX spezifiziert 10 kΩ. INF ist äquivalent zu „high impedance“ (>10 kΩ). Der Standardwert ist 50 Ω. Der Abfragebefehl `:LOAD?` liefert die aktuelle Lastwiderstand-Einstellung in zurück oder den Wert „9.9E+37“ (für „high impedance“).

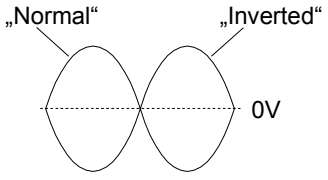
- Der Anschluss *Output* des Agilent 33220A hat eine unveränderliche Ausgangsimpedanz von 50 Ohm. Die im Display angezeigten Amplituden- und Offsetwerte gelten normalerweise für einen Lastwiderstand von 50 Ohm. Falls die Lastimpedanz von diesem Sollwert abweicht, müssen Sie dies dem Funktionsgenerator „mitteilen“, da sonst falsche Amplituden-, Offset- und „High“/„Low“-Werte angezeigt werden.
- Wenn Sie die Lastwiderstandswert-Einstellung ändern, ändern sich die angezeigten Amplituden-, Offsetspannungs- und „High“/„Low“-Werte entsprechend (wobei keine Fehlermeldung angezeigt wird). Beispiel: Wenn Sie die Amplitude auf 10 Vpp einstellen und anschließend den Lastwiderstand von 50 Ohm auf „high impedance“ abändern, *verdoppelt* sich der angezeigte Amplitudenwert auf 20 Vpp. Wenn Sie den Lastwiderstand von „high impedance“ auf 50 Ohm abändern, halbiert sich der angezeigte Amplitudenwert.

- Die Amplitudenmaßeinheit „dBm“ ist nicht verfügbar, wenn Sie den Lastwiderstand „high impedance“ spezifiziert haben. In diesem Fall wird die Amplitude automatisch in Vpp umgerechnet. *Weitere Informationen hierzu siehe unter* `VOLT:UNIT` *auf Seite 203.*

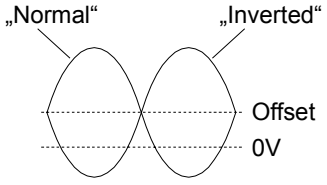
`OUTPut:POLarity {NORMal|INVerted}`
`OUTPut:POLarity?`

Dieser Befehl invertiert das Signal relativ zur Offsetspannung. In der Betriebsart *Normal* (Standardeinstellung) verläuft das Signal im ersten Teil des Zyklus in positiver Richtung. In der Betriebsart *Inverted* verläuft das Signal im ersten Teil des Zyklus in negativer Richtung. Der Abfragebefehl `:POL?` liefert den Wert „NORM“ oder „INV“ zurück.

- Wie aus den nachfolgenden Beispielen ersichtlich ist, wird das Signal *relativ zur* Offsetspannung invertiert. Falls eine Offsetspannung ungleich Null vorgegeben wurde, bleibt diese beim Invertieren des Signals unverändert erhalten.



Ohne Offsetspannung



Mit Offsetspannung

- Bei invertiertem Signal ist das mit dem Signal zugeordnete Sync-Signal *nicht* invertiert.

`OUTPut:SYNC {OFF|ON}`
`OUTPut:SYNC?`

Der Befehl deaktiviert oder aktiviert den Sync-Signal-Ausgang *Sync* auf der Frontplatte. Bei kleineren Amplituden können Sie die Signalverzerrungen reduzieren, indem Sie das Sync-Signal deaktivieren. Die Standardeinstellung ist „ON“. Der Abfragebefehl `:SYNC?` liefert den Wert „0“ (OFF) oder „1“ (ON) zurück.

- Weitere Informationen über das Sync-Signal für die verschiedenen Signalformen siehe „„Sync“-Ausgangssignal“ auf Seite 77.

- Wenn das Sync-Signal inaktiv ist, befindet sich der Ausgang *Sync* konstant im LOW-Zustand.

- Bei invertiertem Signal (Befehl `OUTP:POL`) ist das dem Signal zugeordnete Sync-Signal *nicht* invertiert.
- Der in Verbindung mit der Wobbelbetriebsart verwendete Befehl `MARK` (siehe Seite 238) hat Vorrang gegenüber der mit dem Befehl `OUTP:SYNC` vorgenommenen Einstellung. Das bedeutet, dass der Befehl `OUTP:SYNC` ignoriert wird, wenn die Markenfrequenz (und die Wobbelbetriebsart) aktiv ist.

`VOLTage:UNIT {VPP|VRMS|DBM}`
`VOLTage:UNIT?`

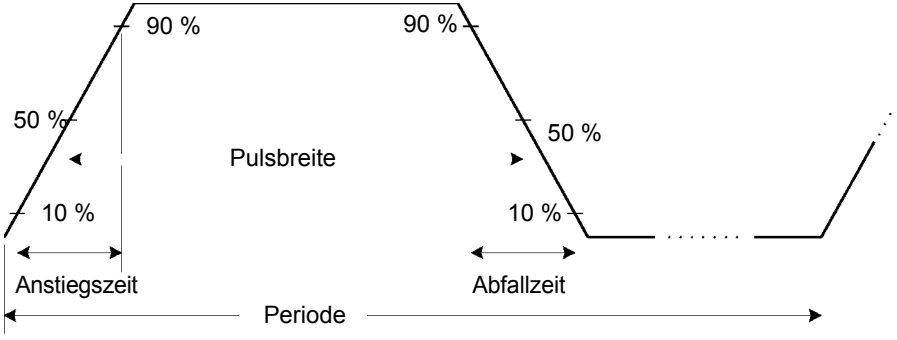
Dieser Befehl spezifiziert die Einheit für die Ausgangsamplitude. (Auf die Offsetspannung oder die „High"/„Low"-Pegel hat er keinen Einfluss). Die Standard-Einheit ist VPP. Der Abfragebefehl `:UNIT?` liefert den Wert „VPP", „VRMS" oder „DBM" zurück.

- Die gewählte Amplitudeneinheit gilt sowohl für die manuelle als auch für die ferngesteuerte Betriebsart. Wenn Sie beispielsweise über die Fernsteuerungsschnittstelle mit dem Befehl `VOLT:UNIT` die Amplitudeneinheit „VRMS" wählen, wird die aktuelle Ausgangsspannung auch im Display in der Einheit „VRMS" angezeigt.
- Der Abfragebefehl `:VOLT?` (siehe Seite 193) liefert die Ausgangsamplitude in der mit dem jeweils letzten Befehl `VOLT:UNIT` spezifizierten Einheit.
- Die Amplitudeneinheit „dBm" ist nicht verfügbar, wenn Sie den Lastwiderstand „high impedance" spezifiziert haben. In diesem Fall wird die Amplitude automatisch in Vpp umgerechnet. *Weitere Informationen hierzu siehe unter* `OUTP:LOAD` *auf Seite 201.*
- Sofern Sie die Einheit nicht mit dem Befehl `APPLy` oder `VOLT` spezifizieren, hat die mit dem Befehl `VOLT:UNIT` spezifizierte Vorrang. Beispiel: Wenn Sie mit dem Befehl `VOLT:UNIT` die Einheit „Vrms" spezifizieren und im Befehl `APPLy` oder `VOLT` den Parameter *Amplitude nicht* spezifizieren, spezifiziert der Befehl `APPLy` implizit die Einheit „Vrms".

Puls-Konfigurationsbefehle

Siehe auch „Pulssignale“, beginnend auf Seite 80 in Kapitel 3.

Dieser Abschnitt beschreibt die Low-Level-Befehle zum Konfigurieren der Ausgangsfunktion „Pulse“. Verwenden Sie zur Wahl der Ausgangsfunktion „Pulse“ den Befehl `FUNC PULS` (siehe Seite 191). Das untenstehende Diagramm erläutert die Parameter der nachfolgend beschriebenen Befehle.



`PULSe:PERiod` {<*Sekunden*>|**`MINimum`**|**`MAXimum`**}
`PULSe:PERiod?` [**`MINimum`**|**`MAXimum`**]

Dieser Befehl spezifiziert die Pulsperiode. Der Wert muss zwischen 200 ns und 2000 Sekunden liegen. Der Standardwert ist 1 ms. MIN = 200 ns. MAX = 2000 s. Der Abfragebefehl `:PULS :PER?` liefert die Pulsperiode in Sekunden zurück.

- Die spezifizierte Periode muss größer sein als die Summe der *Pulsbreite* und der *Flankenzeit*. Gegebenenfalls passt der Funktionsgenerator die Flankenzeit und die Pulsbreite automatisch der spezifizierten Periode an. *Über die Fernsteuerungsschnittstelle wird die Fehlermeldung „Settings conflict“ generiert. Als Erstes wird die Flankenzeit minimiert und anschließend die Pulsbreite (oder das Tastverhältnis) wie unten dargestellt angepasst:*

  Periode ≥ Pulsbreite + (1,6 X Flankenzeit)

  oder bezogen auf das Tastverhältnis des Pulssignals:

  Periode ≥ (Periode X Tastverhältnis ÷ 100) + 1,6 X Flankenzeit)

- Dieser Befehl beeinflusst die Periode (und Frequenz) aller Ausgangsfunktionen (nicht nur der Ausgangsfunktion „Pulse“). Beispiel: Wenn Sie mit dem Befehl `PULS:PER` eine Periode spezifizieren und dann auf die Ausgangsfunktion „Sine“ umschalten, gilt die spezifizierte Periode auch für die neue Ausgangsfunktion.
- *Einschränkung des Periodenbereichs*: Wenn Sie auf eine Ausgangsfunktion umschalten, deren minimale Periode größer als die für ein Pulssignal zulässige ist, wird die Periode automatisch auf den minimalen Wert abgeändert, der für die neue Funktion zulässig ist. Beispiel: Wenn Sie den Funktionsgenerator für die Ausgabe eines Pulssignals mit einer Periode von 200 ns konfiguriert haben und dann auf die Ausgangsfunktion „Ramp“ umschalten, wird die Periode automatisch auf 5 µs abgeändert (dies ist die minimal zulässige Periode für Sägezahnsignale). *Es wird die Fehlermeldung „Settings conflict“ generiert, und die Periode wird wie beschrieben abgeändert.*

`FUNCtion:PULSe:HOLD {WIDTh|DCYCle}`
`FUNCtion:PULSe:HOLD? [WIDTh|DCYCle]`

Mit diesem Befehl stellen Sie den Funktionsgenerator so ein, dass der Wert entweder der Pulsbreite oder des Tastverhältnisses unverändert bleibt.

- WIDTh: Die Einstellung der Pulsbreite (in Sekunden) bleibt gleich, während die Periode geändert wird. (Die Einschränkungen in Bezug auf minimale Pulsbreite und Flankenzeit sind gültig.) Wenn ein Befehl zum Einstellen des Tastverhältnisses empfangen wird, wird das Tastverhältnis in die entsprechende Pulsbreite in Sekunden umgewandelt. Ist die Pulsbreitenmodulation (PWM) eingeschaltet, so bleiben Pulsbreite und Pulsbreitenabweichung gleich, während die Periode geändert wird. Eingaben zur Abweichung des Tastverhältnisses werden in Werte für die Pulsbreitenabweichung umgerechnet.
- DCYCle: Die Einstellung des Tastverhältnisses (in Prozent) bleibt gleich, während die Periode geändert wird. (Die Einschränkungen in Bezug auf minimale Pulsbreite und Flankenzeit sind gültig.) Wenn ein Befehl zum Einstellen der Pulsbreite empfangen wird, wird die Pulsbreite in das entsprechende Tastverhältnis in Prozent umgewandelt. Ist die Pulsbreitenmodulation (PWM) eingeschaltet, so bleiben Tastverhältnis und Abweichung des Tastverhältnisses gleich, während die Periode geändert wird. Eingaben zur Pulsbreitenabweichung werden in Werte für die Abweichung des Tastverhältnisses umgerechnet.

Hinweis: *Der Befehl* `FUNC:PULS:HOLD` *beschränkt* ***nicht*** *die Einstellung der* ***Periode****. Pulsbreite oder Tastverhältnis werden nötigenfalls einem neuen Periodenwert angepasst.*

Dieser Befehl führt dazu, dass im Pulsmenü der Softkey **Width/DtyCyc** *gegebenenfalls von einem positiven zu einem negativen Vorzeichen wechselt oder umgekehrt. Eine Änderung des Softkeys* **Width/DtyCyc** *auf der Frontplatte bewirkt zudem, dass die* `HOLD`*Auswahl für nachfolgende Programmschritte geändert wird.*

`FUNCtion:PULSe:WIDTh` {<*Sekunden*>|**`MINimum`**|**`MAXimum`**}
`FUNCtion:PULSe:WIDTh?` [**`MINimum`**|**`MAXimum`**]

Dieser Befehl spezifiziert die Pulsbreite in Sekunden. Die Pulsbreite ist definiert als das Zeitintervall zwischen den 50 %-Punkten der positiven Flanke und dem 50 %-Punkt der nächstfolgenden negativen Flanke. Für die Pulsbreite sind Werte zwischen 8 ns und 2000 Sekunden zulässig (*siehe nachfolgend beschriebenen Einschränkungen*). Der Standardwert für die Pulsbreite ist 100 µs. MIN = 20 ns. MAX = 1999,99 s. Der Abfragebefehl `:WIDT?` liefert die Pulsbreite in Sekunden zurück.

- Die *minimale Pulsbreite* (Wmin) ist von der Periode abhängig.

  Wmin = 20 ns für eine Periode von ≤ 10 s.
  Wmin = 200 ns für eine Periode von > 10 s und ≤ 100 s.
  Wmin = 2 µs für eine Periode von > 100 s und ≤ 1000 s.
  Wmin = 20 µs für eine Periode von > 1000 s.

- Die spezifizierte Pulsbreite muss ebenfalls kleiner sein als die Differenz zwischen der *Periode* und der *minimalen Pulsbreite*; siehe nachfolgende Gleichung. Gegebenenfalls passt der Funktionsgenerator die Flankenzeit und dann die Pulsbreite automatisch der spezifizierten Periode an. Es wird die Fehlermeldung „Settings conflict“ generiert, und die Pulsbreite wird wie beschrieben abgeändert.

  $$\text{Pulsbreite} \leq \text{Periode} - \text{Wmin}$$

- Die spezifizierte Pulsbreite muss kleiner sein als die Differenz zwischen der *Periode* und der *Flankenzeit*; siehe nachfolgende Gleichung. Gegebenenfalls beschränkt der Funktionsgenerator erst den Wert der Flankenzeit und dann die Pulsbreite und passt sie so automatisch der spezifizierten Periode an. *Es wird die Fehlermeldung „Data out of range“ generiert, und die Pulsbreite wird automatisch wie beschrieben eingeschränkt.*

Pulsbreite ≤ Periode – (1,6 X Flankenzeit)

- Die Pulsbreite muss außerdem größer sein als die Gesamtzeit einer Flanke; siehe nachfolgende Gleichung.

  Pulsbreite ≥ 1,6 X Flankenzeit

Hinweis: *Die Funktion wird durch den Befehl* FUNC:PULS:HOLD *beeinflusst. Mit diesem Befehl legen Sie fest, welcher Wert bei einer Anpassung der Periode gleich bleiben soll: der spezifizierte Wert der* ***Pulsbreite*** *oder der spezifizierte Wert des* ***Tastverhältnisses****. Weitere Informationen finden Sie in der Erläuterung des Befehls* FUNC:PULS:HOLD.

`FUNCtion:PULSe:DCYCle` {<*Prozent*>|**`MINimum`**|**`MAXimum`**}
`FUNCtion:PULSe:DCYCle?` [**`MINimum`**|**`MAXimum`**]

Geben Sie das Tastverhältnis des Pulssignals in Prozent ein. Das Tastverhältnis eines Pulssignals ist folgendermaßen definiert:

Tastverhältnis = 100 X Pulsbreite ÷ Periode

Dabei ist die Pulsbreite definiert als das Zeitintervall zwischen dem 50 %-Punkt der positiven Flanke und dem 50 %-Punkt der nächstfolgenden negativen Flanke.

Der mögliche Bereich des Tastverhältnisses liegt zwischen 0 Prozent und 100 Prozent. Es gelten jedoch die Einschränkungen für minimale Pulsbreite und Flankenzeit, so dass das Tastverhältnis nicht auf genau 0 Prozent oder genau 100 Prozent eingestellt werden kann. Bei beispielsweise einem Pulssignal von 1 kHz ist das Tastverhältnis normalerweise auf eine Bereich zwischen 0,002 Prozent und 99,998 Prozent beschränkt, was durch die minimale Pulsbreite von 20 ns verursacht wird.

Der Standardwert für das Tastverhältnis ist 10 Prozent. MIN ist circa 0 %. MAX ist circa 100 %. Die Abfrage mit dem Befehl `:DCYC?` liefert das aktuelle Tastverhältnis des Pulssignals in Prozent zurück. *Die Beschränkungen für Pulsbreite und Flankenzeit werden im Folgenden beschrieben.*

- Das spezifizierte Tastverhältnis eines Pulssignals muss die folgenden Einschränkungen aufweisen, die durch die *minimale Pulsbreite* (Wmin) bedingt sind. Der Funktionsgenerator passt gegebenenfalls das Tastverhältnis des Pulssignals automatisch der spezifizierten

Periode an. *Es wird die Fehlermeldung „Data out of range" generiert, und das Tastverhältnis wird automatisch wie beschrieben abgeändert.*

Tastverhältnis ≥ 100 X Wmin ÷ Periode

und

Tastverhältnis ≤ 100 X (1 – Wmin ÷ Periode)

Dabei ist:

Wmin = 20 ns für eine Periode von ≤ 10 s.
Wmin = 200 ns für eine Periode von > 10 s und ≤ 100 s.
Wmin = 2 µs für eine Periode von > 100 s und ≤ 1000 s.
Wmin = 20 µs für eine Periode von > 1000 s.

- Der spezifizierte Wert des Tastverhältnisses hat möglicherweise Auswirkungen auf die Flankenzeit. Zuerst wird die Flankenzeit und dann das Tastverhältnis an die spezifizierte Periode angepasst, wobei die folgende Beschränkung gültig ist. *Es wird die Fehlermeldung „Data out of range" generiert; Flankenzeit und Tastverhältnis werden automatisch wie beschrieben begrenzt.*

  Tastverhältnis ≥ 100 X (1,6 X Flankenzeit) ÷ Periode

  und

  Tastverhältnis ≤ 100 X (1 – (1,6 X Flankenzeit) ÷ Periode)

  Hinweis: *Dieser Befehl wird durch den Befehl* FUNC:PULS:HOLD *beeinflusst, mit dem Sie festlegen, welcher Wert bei einer Anpassung der Periode gleich bleiben soll: der spezifizierte Wert der* ***Pulsbreite*** *oder der spezifizierte Wert des* ***Tastverhältnisses****. Weitere Informationen finden Sie in der Erläuterung des Befehls* FUNC:PULS:HOLD.

`FUNCtion:PULSe:TRANsition` {<*Prozent*>|**`MINimum`**|**`MAXimum`**}
`FUNCtion:PULSe:TRANsition? [MINimum|MAXimum]`

Dieser Befehl spezifiziert die Flankenzeit in Sekunden; der Wert gilt für die positive *und* die negative Flanke. Die Flankenzeit ist definiert als das Zeitintervall vom 10 %-Punkt bis zum 90 %-Punkt der positiven bzw. negativen Flanke (der Wert ist immer für beide Flanken gleich). Für die Flankenzeit sind Werte zwischen 5 ns und 100 ns zulässig (*siehe nachfolgend beschriebene Einschränkungen*). Der Standardwert für die Flankenzeit ist 5 ns. MIN = 5 ns. MAX = 100 ns. Der Abfragebefehl `:TRAN?` liefert die Flankenzeit in Sekunden zurück.

- Die spezifizierte Flankenzeit muss kleiner sein als die spezifizierte Pulsbreite; siehe nachfolgende Formel. Der Funktionsgenerator passt gegebenenfalls die Flankenzeit dem spezifizierten Wert für Pulsbreite oder Tastverhältnis an. *Es wird die Fehlermeldung „Settings conflict" generiert, und die Flankenzeit wird wie beschrieben abgeändert.*

  Flankenzeit ≤ 0,625 X Pulsbreite

  oder bezogen auf das Tastverhältnis:

  Flankenzeit ≤ 0,625 X Periode X Tastverhältnis ÷ 100

Befehle zum Konfigurieren der Amplitudenmodulation (AM)

Siehe auch „Amplitudenmodulation“, beginnend auf Seite 84 in Kapitel 3.

Überblick über die AM-Befehle

Es folgt ein Überblick über die zum Konfigurieren der AM-Funktion erforderlichen Schritte. Anschließend werden die zugehörigen Befehle beschrieben.

1 Konfigurieren Sie die Trägersignalform.

Wählen Sie mit dem Befehl `APPLy` oder den Low-Level-Befehlen `FUNC`, `FREQ`, `VOLT` und `VOLT:OFFS` die Ausgangsfunktion, Frequenz, Amplitude und Offsetspannung des Trägersignals. Für das Trägersignal sind die Signalformen „Sine“, „Square“, „Ramp“ oder „Arbitrary“ verfügbar (nicht jedoch „Pulse“, „Noise“ und „DC“).

2 Wählen Sie die Modulationsquelle.

Das vom Funktionsgenerator erzeugte Trägersignal kann mit einem internen oder externen Modulationssignal moduliert werden. Wählen Sie mit dem Befehl `AM:SOUR` die gewünschte Modulationsquelle. *Bei Verwendung einer externen Quelle können Sie die Schritte 3 und 4 überspringen.*

3 Wählen Sie die Form des Modulationssignals.

Für das Modulationssignal sind die Signalformen „Sine“, „Square“, „Ramp“, „Noise“ oder „Arbitrary“ verfügbar (nicht jedoch „Pulse“ und „DC“). Wählen Sie mit dem Befehl `AM:INT:FUNC` die gewünschte Modulationssignalform.

4 Wählen Sie die Modulationsfrequenz.

Spezifizieren Sie mit dem Befehl `AM:INT:FREQ` eine Modulationsfrequenz zwischen 2 mHz und 20 kHz.

5 Wählen Sie den Modulationsgrad.

Spezifizieren Sie mit dem Befehl `AM:DEPT` einen Modulationsgrad zwischen 0 % und 120 %.

6 Aktivieren Sie die Amplitudenmodulation.

Nachdem Sie die Modulationsparameter konfiguriert haben, aktivieren Sie die Amplitudenmodulation mit dem Befehl `AM:STAT ON`.

AM-Befehle

> Konfigurieren Sie das Trägersignal mit Hilfe des Befehls APPLy oder der Low-Level-Befehle FUNC, FREQ, VOLT und VOLT:OFFS.

`AM:SOURce {INTernal|EXTernal}`
`AM:SOURce?`

Dieser Befehl wählt die Modulationssignalquelle. Das vom Funktionsgenerator erzeugte Trägersignal kann mit einem internen oder externen Modulationssignal moduliert werden. Die Standard-Modulationssignalquelle ist INT. Der Abfragebefehl `:SOUR?` liefert den Wert „INT“ oder „EXT“ zurück.

- Wenn Sie die Modulationsquelle *External* wählen, wird das Trägersignal mit einem externen Signal moduliert. Der Modulationsgrad wird in diesem Fall durch die Amplitude des am rückseitigen Eingang *Modulation In* anliegenden Signals (maximal ±5 V) bestimmt. Beispiel: Wenn Sie den Modulationsgrad Mit dem Befehl `AM:DEPT` auf 100 % eingestellt haben, ergibt sich bei einer Modulationssignalspannung von +5 Volt die *maximale* Ausgangsamplitude. Bei einer Modulationssignalspannung von -5 Volt ergibt sich die *minimale* Ausgangsamplitude.

`AM:INTernal`
`  :FUNCtion`
`{SINusoid|SQUare|RAMP|NRAMp|TRIangle|NOISe|USER}`
`  :FUNCtion?`

Dieser Befehl wählt die Form des *Modulationssignals*. Dieser Befehl wird nur benötigt, wenn die *interne* Modulationssignalquelle gewählt wurde (Befehl `AM:SOUR INT`). „Noise“ ist zwar als Modulationssignalform verwendbar, aber – ebenso wie „Pulse“ oder „DC“ – *nicht* als Trägersignalform. Die Standard-Modulationssignalform ist SIN. Der Abfragebefehl `:FUNC?` liefert den Wert „SIN“, „SQU“, „RAMP“, „NRAM“, „TRI“, „NOIS“ oder „USER“ zurück.

- Der Parameter „SQU“ spezifiziert ein Rechtecksignal mit einem Tastverhältnis von *50 %*.

- Der Parameter „RAMP“ spezifiziert ein Sägezahnsignal mit einem Symmetrieverhältnis von *100 %*.

- Der Parameter „TRI“ spezifiziert ein Dreiecksignal mit einem Symmetrieverhältnis von *50 %*.

- Der Parameter „NRAM“ (“negative ramp”) spezifiziert ein Sägezahnsignal mit einem Symmetrieverhältnis von *0 %*.

- Wenn Sie ein Arbiträrsignal als *Modulationssignal* („USER“) wählen, wird die Länge des Arbiträrsignals automatisch auf 4 K Punkte begrenzt. Überzählige Signalpunkte werden mittels Dezimierung entfernt.

`AM:INTernal:FREQuency` {<*Frequenz*>|**`MINimum`**|**`MAXimum`**}
`AM:INTernal:FREQuency?` [**`MINimum`**|**`MAXimum`**]

Dieser Befehl spezifiziert die Frequenz des *Modulationssignals*. Dieser Befehl wird nur benötigt, wenn die *interne* Modulationssignalquelle gewählt wurde (Befehl `AM:SOUR INT`). Select from 2 mHz to 20 kHz. Der Standardwert ist 100 Hz. MIN = 2 mHz. MAX = 20 kHz. Der Abfragebefehl `:FREQ?` liefert die interne Modulationsfrequenz in Hertz zurück.

`AM:DEPTh` {<*Modulationsgrad in Prozent*>|**`MINimum`**|**`MAXimum`**}
`AM:DEPTh?` [**`MINimum`**|**`MAXimum`**]

Dieser Befehl spezifiziert den Modulationsgrad in Prozent für interne Modulation. Der Wert muss im Bereich von 0 % bis 120 % liegen. Der Standardwert ist 100 %. MIN = 0 %. MAX = 120 %. Der Abfragebefehl `:DEPT?` liefert den Modulationsgrad in Prozent zurück.

- Beachten Sie, dass der Funktionsgenerator auch bei einem Modulationsgrad von mehr als 100 % nicht mehr als ±5 Vs Ausgangsspannung (an 50 Ω) liefert.

- Wenn Sie die Modulationsquelle *External* wählen (Befehl `AM:SOUR EXT`), wird das Trägersignal mit einem externen Signal moduliert. Der Modulationsgrad wird in diesem Fall durch die Amplitude des am rückseitigen Eingang *Modulation In* anliegenden Signals (maximal ±5 V) bestimmt. Beispiel: Wenn Sie mit dem Befehl `AM:DEPT` einen Modulationsgrad von 100 % spezifiziert haben, ergibt sich bei einer Modulationssignalspannung von +5 Volt die *maximale* Aus-

gangsamplitude. Bei einer Modulationssignalspannung von -5 Volt ergibt sich die *minimale* Ausgangsamplitude.

AM:STATe {**OFF**|**ON**}
AM:STATe?

Dieser Befehl aktiviert oder deaktiviert die Amplitudenmodulation. Um ein mehrmaliges Umschalten der Signalform zu vermeiden, sollten Sie den Modulationstyp „AM“ erst *nach* dem Konfigurieren der übrigen Modulationsparameter wählen. Die Standardeinstellung ist OFF. Der Abfragebefehl `:STAT?` liefert den Wert „0“ (OFF) oder „1“ (ON) zurück.

- Der Funktionsgenerator bietet mehrere Modulationstypen zur Auswahl, von denen jedoch immer nur einer aktiv sein kann. Es ist beispielsweise nicht möglich, die Modulationstypen AM und FM miteinander zu kombinieren. Wenn Sie AM wählen, wird der zuvor gewählte Modulationstyp deaktiviert.
- Der Modulationstyp „AM“ kann auch nicht mit der Betriebsart „Sweep“ oder „Burst“ kombiniert werden. Wenn Sie AM wählen, wird die Betriebsart „Sweep“ oder „Burst“ gegebenenfalls deaktiviert.

Befehle zum Konfigurieren der Frequenzmodulation (FM)

Siehe auch „Frequenzmodulation“, beginnend auf Seite 89 in Kapitel 3.

Überblick über die FM-Befehle

Es folgt ein Überblick über die zum Konfigurieren der FM-Funktion erforderlichen Schritte. Anschließend werden die zugehörigen Befehle beschrieben.

1 Konfigurieren Sie die Trägersignalform.

Wählen Sie mit dem Befehl `APPLy` oder den Low-Level-Befehlen `FUNC`, `FREQ`, `VOLT` und `VOLT:OFFS` die Ausgangsfunktion, Frequenz, Amplitude und Offsetspannung des Trägersignals. Für das Trägersignal sind die Signalformen „Sine“, „Square“, „Ramp“ oder „Arbitrary“ verfügbar (nicht jedoch „Pulse“, „Noise“ und „DC“).

2 Wählen Sie die Modulationsquelle.

Das vom Funktionsgenerator erzeugte Trägersignal kann mit einem internen oder externen Modulationssignal moduliert werden. Wählen Sie mit dem Befehl `FM:SOUR` die gewünschte Modulationsquelle. *Bei Verwendung einer externen Quelle können Sie die Schritte 3 und 4 überspringen.*

3 Wählen Sie die Form des Modulationssignals.

Für das Modulationssignal sind die Signalformen „Sine“, „Square“, „Ramp“, „Noise“ oder „Arbitrary“ verfügbar (nicht jedoch „Pulse“ und „DC“). Wählen Sie mit dem Befehl `FM:INT:FUNC` die gewünschte Modulationssignalform.

4 Spezifizieren Sie die Modulationsfrequenz.

Spezifizieren Sie mit dem Befehl `FM:INT:FREQ` eine Modulationsfrequenz zwischen 2 mHz und 20 kHz.

5 Spezifizieren Sie den Spitzen-Frequenzhub.

Spezifizieren Sie mit dem Befehl `FM:DEV` einen Spitzen-Frequenzhub zwischen 1 µHz und 10,05 MHz. Für Sägezahnsignale ist der Maximalwert auf 150 kHz begrenzt, für Arbiträrsignale auf 3,05 MHz.

6 Aktivieren Sie die Frequenzmodulation.

Nachdem Sie die Modulationsparameter konfiguriert haben, aktivieren Sie die Frequenzmodulation mit dem Befehl `FM:STAT ON`.

FM-Befehle

> Konfigurieren Sie das Trägersignal mit Hilfe des Befehls APPLy oder der Low-Level-Befehle FUNC, FREQ, VOLT und VOLT:OFFS.

`FM:SOURce {INTernal|EXTernal}`
`FM:SOURce?`

Dieser Befehl wählt die Modulationssignalquelle. Das vom Funktionsgenerator erzeugte Trägersignal kann mit einem internen oder externen Modulationssignal moduliert werden. Die Standardeinstellung ist INT. Der Abfragebefehl `:SOUR?` liefert den Wert „INT“ oder „EXT“ zurück.

- Wenn Sie die Modulationsquelle *External* wählen, wird das Trägersignal mit einem externen Signal moduliert. Der Frequenzhub wird in diesem Fall durch die Amplitude des am rückseitigen Eingang *Modulation In* anliegenden Signals (maximal ±5 V) bestimmt. Beispiel: Wenn der Frequenzhub Mit dem Befehl `FM:DEV` auf 100 kHz eingestellt wurde, ergibt eine Spannung von +5 V am Modulationseingang eine Frequenzerhöhung um 100 kHz. Eine kleinere positive Spannung ergibt eine entsprechend kleinere Frequenzerhöhung. Eine negative Spannung ergibt eine Ausgangsfrequenz unterhalb der Trägerfrequenz.

`FM:INTernal`
`  :FUNCtion`
`{SINusoid|SQUare|RAMP|NRAMp|TRIangle|NOISe|USER}`
`  :FUNCtion?`

Dieser Befehl wählt die Form des *Modulationssignals*. Dieser Befehl wird nur benötigt, wenn die *interne* Modulationssignalquelle gewählt wurde (Befehl `FM:SOUR INT`). „Noise“ ist zwar als Modulationssignalform verwendbar, aber – ebenso wie „Pulse“ oder „DC“ *nicht* als Trägersignalform. Die Standardeinstellung ist SIN. Der Abfragebefehl `:FUNC?` liefert den Wert „SIN“, „SQU“, „RAMP“, „NRAM“, „TRI“, „NOIS“ oder „USER“ zurück.

- Der Parameter „SQU“ spezifiziert ein Rechtecksignal mit einem Tastverhältnis von *50 %*.
- Der Parameter „RAMP“ spezifiziert ein Sägezahnsignal mit einem Symmetrieverhältnis von *100 %*.
- Der Parameter „TRI“ spezifiziert ein Dreiecksignal mit einem Symmetrieverhältnis von *50 %*.
- Der Parameter „NRAM“ („negative ramp“) spezifiziert ein Sägezahnsignal mit einem Symmetrieverhältnis von *0 %*.
- Wenn Sie ein Arbiträrsignal als *Modulationssignal* („USER“) wählen, wird die Länge des Arbiträrsignals automatisch auf 4 K Punkte begrenzt. Überzählige Signalpunkte werden mittels Dezimierung entfernt.

`FM:INTernal:FREQuency` {<*Frequenz*>|**`MINimum`**|**`MAXimum`**}
`FM:INTernal:FREQuency?` [**`MINimum`**|**`MAXimum`**]

Dieser Befehl spezifiziert die Frequenz des *Modulationssignals*. Dieser Befehl wird nur benötigt, wenn die *interne* Modulationssignalquelle gewählt wurde (Befehl `FM:SOUR INT`). Der Wert muss zwischen 2 mHz und 20 kHz liegen. Der Standardwert ist 10 Hz. MIN = 2 mHz. MAX = 20 kHz. Der Abfragebefehl `:FREQ?` liefert die interne Modulationsfrequenz in Hertz zurück.

`FM:DEViation` {<*Spitzen-Frequenzhub in Hz*>|**`MINimum`**|**`MAXimum`**}
`FM:DEViation?` [**`MINimum`**|**`MAXimum`**]

Dieser Befehl spezifiziert den Spitzen-Frequenzhub in Hertz. Dieser Wert gibt die maximale Abweichung der Frequenz des *modulierten Signals* von der Trägerfrequenz an. Spezifizieren Sie einen Wert zwischen 1 µHz und 10,05 MHz (bzw. bis 150 kHz für Sägezahn und bis 3,05 MHz für Arbiträrsignale). Der Standardwert ist 100 Hz. MIN = 1 µHz.MAX = abhängig von der Trägerfrequenz (siehe nachfolgende Formeln). Der Abfragebefehl `:DEV?` liefert den Frequenzhub in Hertz zurück.

$$\text{Max. Frequenzhub} = \frac{\text{Trägerfrequenz}}{2}$$

für Trägerfrequenzen<10 MHz

$$\text{Max. Frequenzhub} = \frac{\text{Max. Frequenz} - \text{Trägerfrequenz}}{2}$$

für Trägerfrequenzenz > 10 MHz

- Die *Trägerfrequenz* darf nicht kleiner als der Frequenzhub sein. Wenn Sie versuchen, bei aktiver Frequenzmodulation den Frequenzhub auf einen Wert oberhalb der Trägerfrequenz einzustellen, wird der Frequenzhub automatisch auf den größten Wert abgeändert, der für die derzeitige Trägerfrequenz zulässig ist. *Es wird die Fehlermeldung „Data out of range" generiert, und der Frequenzhub wird automatisch wie beschrieben abgeändert.*
- Die Summe aus *Trägerfrequenz* und Frequenzhub darf nicht größer sein als die maximal zulässige Frequenz für die gewählte Funktion ***plus 100 kHz*** (20,1 MHz für Sinus und Rechteck; 300 kHz für Sägezahn; 6,1 MHz für Arbiträrsignale). Wenn Sie versuchen, den Frequenzhub auf einen unzulässigen Wert einzustellen, wird er automatisch auf den größten Wert abgeändert, der für die derzeitige Trägerfrequenz zulässig ist. *Es wird die Fehlermeldung „Data out of range" generiert, und der Frequenzhub wird automatisch wie beschrieben abgeändert.*
- Wenn bei Modulation mit einem Rechtecksignal das modulierte Trägersignal aufgrund des spezifizierten Frequenzhubes eine Frequenzgrenze für das aktuelle Tastverhältnis überschreiten würde, wird das Tastverhältnis automatisch auf den größtmöglichen Wert abgeändert, der für die aktuelle Trägerfrequenz zulässig ist. *Es wird die Fehlermeldung „Settings conflict" generiert, und das Tastverhältnis wird wie beschrieben abgeändert.*
- Wenn Sie die Modulationsquelle *External* wählen (Befehl `FM:SOUR EXT`), wird der Frequenzhub durch das Signal (±5 V) am rückseitigen Eingang *Modulation In* bestimmt. Beispiel: Wenn der Frequenzhub auf 100 kHz eingestellt wurde, ergibt eine Spannung von +5 V am Modulationseingang eine Frequenzerhöhung um 100 kHz. Eine kleinere positive Spannung ergibt eine entsprechend kleinere Frequenzerhöhung. Eine negative Spannung ergibt eine Ausgangsfrequenz unterhalb der Trägerfrequenz.

`FM:STATe {OFF|ON}`
`FM:STATe?`

Dieser Befehl aktiviert oder deaktiviert die Frequenzmodulation. Um ein mehrmaliges Umschalten der Signalform zu vermeiden, sollten Sie den Modulationstyp „FM" erst *nach* dem Konfigurieren der übrigen Modulationsparameter wählen. Die Standardeinstellung ist OFF. Der Abfragebefehl `:STAT?` liefert den Wert „0" (OFF) oder „1" (ON) zurück.

- Der Funktionsgenerator bietet mehrere Modulationstypen zur Auswahl, von denen jedoch immer nur einer aktiv sein kann. Es ist beispielsweise nicht möglich, die Modulationstypen FM und AM miteinander zu kombinieren. Wenn Sie FM wählen, wird der zuvor gewählte Modulationstyp deaktiviert.
- Der Modulationstyp „FM“ kann auch nicht mit der Betriebsart „Sweep“ oder „Burst“ kombiniert werden. Wenn Sie FM wählen, wird die Betriebsart „Sweep“ oder „Burst“ gegebenenfalls deaktiviert.

Befehle zum Konfigurieren der Phasenmodulation (PM)

Siehe auch „Phasenmodulation“ auf Seite 85 in Kapitel 3.

Überblick über die PM-Befehle

Es folgt ein Überblick über die zum Konfigurieren der PM-Funktion erforderlichen Schritte. Die zugehörigen Befehle werden im Anschluss beschrieben.

1 Konfigurieren Sie die Trägersignalform.

Wählen Sie mit dem Befehl `APPLy` oder den Low-Level-Befehlen `FUNC`, `FREQ`, `VOLT` und `VOLT:OFFS` die Ausgangsfunktion, Frequenz, Amplitude und Offsetspannung des Trägersignals. Für das Trägersignal sind die Signalformen „Sine“, „Square“, „Ramp“ und „Arbitrary“ verfügbar (nicht jedoch „Pulse“, „Noise“ und „DC“).

2 Wählen Sie die Modulationsquelle.

Das vom Funktionsgenerator erzeugte Trägersignal kann mit einem internen oder externen Modulationssignal moduliert werden. Wählen Sie mit dem Befehl `PM:SOUR` die gewünschte Modulationsquelle. *Bei Verwendung einer externen Quelle können Sie die Schritte 3 und 4 überspringen.*

3 Wählen Sie die Form des Modulationssignals.

Für das Modulationssignal sind die Signalformen „Sine“, „Square“, „Ramp“, „Noise“ oder „Arbitrary“ verfügbar (nicht jedoch „Pulse“ und „DC“). Wählen Sie mit dem Befehl `PM:INT:FUNC` die gewünschte Modulationssignalform.

4 Wählen Sie die Modulationsfrequenz.

Spezifizieren Sie mit dem Befehl `PM:INT:FREQ` eine Modulationsfrequenz zwischen 2 mHz und 20 kHz.

5 Stellen Sie den Phasenhub ein.

Geben Sie hierfür mit dem Befehl `PM:DEV` einen Wert zwischen 0 und 360 Grad ein.

6 Aktivieren Sie die Phasenmodulation.

Nachdem Sie die Modulationsparameter konfiguriert haben, aktivieren Sie die Phasenmodulation mit dem Befehl PM:STAT ON.

PM-Befehle

> Konfigurieren Sie das Trägersignal mit Hilfe des Befehls APPLy oder der Low-Level-Befehle FUNC, FREQ, VOLT und VOLT:OFFS.

`PM:SOURce {INTernal|EXTernal}`
`PM:SOURce?`

Mit diesem Befehl wählen Sie die Quelle des Modulationssignals. Das vom Funktionsgenerator erzeugte Trägersignal kann mit einem internen oder externen Modulationssignal moduliert werden. Die Standardeinstellung ist INT. Die Abfrage mit dem Befehl `:SOUR?` liefert den Wert „INT“ oder „EXT“ zurück.

- Wenn Sie die Modulationsquelle *External* wählen, wird das Trägersignal mit einem externen Signal moduliert. Der Phasenhub wird in diesem Fall durch die Amplitude des am rückseitigen Eingang *Modulation In* anliegenden Signals (maximal ±5 V) bestimmt. Wenn Sie beispielsweise mit dem Befehl `PM:DEV` einen Phasenhub von 180 Grad gewählt haben, so entspricht einem Signalpegel von +5 V ein Phasenhub von 180 Grad. Ein niedrigerer externer Signalpegel verursacht einen geringeren und ein negativer Signalpegel einen negativen Phasenhub.

`PM:INTernal`
`  :FUNCtion {SINusoid|SQUare|RAMP|NRAMp|TRIangle|NOISe|USER}`
`  :FUNCtion?`

Mit diesem Befehl wählen Sie die Form des *Modulationssignals*. Er wird nur benötigt, wenn mit dem Befehl `PM:SOUR INT` die *interne* Modulationssignalquelle gewählt wurde. „Noise“ ist zwar als Modulationssignalform verwendbar, aber – ebenso wie „Pulse“ oder „DC“ – *nicht* als Trägersignalform. Die Standard-Modulationssignalform ist SIN. Die Abfrage mit dem Befehl `:FUNC?` liefert den Wert „SIN“, „SQU“, „RAMP“, „NRAM“, „TRI“, „NOIS“ oder „USER“ zurück.

- Der Parameter „SQU“ spezifiziert ein Rechtecksignal mit einem Tastverhältnis von *50 %*.

- Der Parameter „RAMP“ spezifiziert ein Sägezahnsignal mit einem Symmetrieverhältnis von *100 %*.

- Der Parameter „TRI“ spezifiziert ein Sägezahnsignal mit einem Symmetrieverhältnis von *50 %*.

- Der Parameter „NRAM“ („negative ramp“) spezifiziert ein Sägezahnsignal mit einem Symmetriever-hältnis von *0 %*.

- Wenn Sie ein Arbiträrsignal als *Modulationssignal* („USER“) wählen, wird die Länge des Arbiträrsignals automatisch auf 4K Punkte begrenzt. Überzählige Signalpunkte werden mittels Dezimierung entfernt.

`PM:INTernal:FREQuency` {<*Frequenz*>|**`MINimum`**|**`MAXimum`**}
`PM:INTernal:FREQuency?` [**`MINimum`**|**`MAXimum`**]

Mit diesem Befehl spezifizieren Sie die Frequenz des *Modulationssignals*. Er wird nur benötigt, wenn mit dem Befehl `PM:SOUR INT` die *interne* Modulationssignalquelle gewählt wurde. Wählen Sie einen Wert zwischen 2 mHz und 20 kHz. Der Standardwert ist 10 Hz. MIN = 2 mHz. MAX = 20 kHz. Die Abfrage mit dem Befehl `:FREQ?` liefert die interne Modulationsfrequenz in Hertz zurück.

`PM:DEViation` {<*Phasenhub in Grad*>|**`MINimum`**|**`MAXimum`**}
`PM:DEViation?`[**`MINimum`**|**`MAXimum`**]

Stellen Sie den Phasenhub in Grad ein. Dieser Wert gibt die maximale Abweichung der Phase des *modulierten Signals* von der Trägerfrequenz an. Wählen Sie einen Wert zwischen 0 und 360 Grad. Der Standardwert ist 180 Grad. MIN = 0 Grad. MAX = 360 Grad. Die Abfrage mit dem Befehl `:DEV?` liefert den Phasenhub in Grad zurück.

- Wenn Sie mit dem Befehl `PM:SOUR EXT` die Modulationsquelle *External* wählen, so wird der Phasenhub durch das Signal (±5 V) am rückseitigen Eingang *Modulation In* bestimmt. Wenn Sie beispielsweise einen Hub von 180 Grad gewählt haben, so entspricht einem Signalpegel von +5 V ein Phasenhub von 180 Grad. Ein niedrigerer externer Signalpegel verursacht einen geringeren und ein negativer Signalpegel einen negativen Phasenhub.

PM:STATe {OFF|ON}
PM:STATe?

Mit diesem Befehl deaktivieren oder aktivieren Sie die Phasenmodulation. Um ein mehrmaliges Umschalten der Signalform zu vermeiden, sollten Sie den Modulationstyp „PM“ erst *nach* dem Konfigurieren aller Modulationsparameter aktivieren. Die Standardeinstellung ist OFF. Die Abfrage mit dem Befehl `:STAT?` liefert den Wert „0“ (OFF) oder „1“ (ON) zurück.

- Der Funktionsgenerator bietet mehrere Modulationstypen zur Auswahl, von denen jedoch immer nur einer aktiv sein kann. Es ist beispielsweise nicht möglich, die Modulationstypen PM und AM miteinander zu kombinieren. Wenn Sie PM wählen, wird der zuvor gewählte Modulationstyp deaktiviert.
- Der Modulationstyp PM kann auch nicht mit der Betriebsart „Sweep“ oder „Burst“ kombiniert werden. Wenn Sie PM wählen, wird die Betriebsart „Sweep“ oder „Burst“ gegebenenfalls deaktiviert.

Befehl zum Konfigurieren der FSK- (Frequency-Shift Keying) Modulation

Siehe auch „FSK-Modulation“, beginnend auf Seite 99 in Kapitel 3.

Überblick über die FSK-Befehle

Es folgt ein Überblick über die zum Konfigurieren der FSK-Modulation erforderlichen Schritte. Anschließend werden die zugehörigen Befehle beschrieben.

1 Konfigurieren Sie die Trägersignalform.

Wählen Sie mit dem Befehl `APPLy` oder den Low-Level-Befehlen `FUNC`, `FREQ`, `VOLT` und `VOLT:OFFS` die Ausgangsfunktion, Frequenz, Amplitude und Offsetspannung des Trägersignals. Für das Trägersignal sind die Signalformen „Sine“, „Square“, „Ramp“ oder „Arbitrary“ verfügbar (nicht jedoch „Pulse“, „Noise“ und „DC“).

2 Wählen Sie die FSK-Modulationsquelle.

Das vom Funktionsgenerator erzeugte Trägersignal kann mit einem internen oder externen Signal FSK-moduliert werden. Wählen Sie mit dem Befehl `FSK:SOUR` die gewünschte Modulationsquelle.

3 Spezifizieren Sie die FSK „Hop“-Frequenz.

Spezifizieren Sie mit dem Befehl `FSK:FREQ` eine alternative („Hop“-) Frequenz zwischen 1 µHz und 20 MHz (bzw. bis 200 kHz für Sägezahnsignale oder 6 MHz für Arbiträrsignale).

4 Spezifizieren Sie die FSK-Rate.

Spezifizieren Sie mit dem Befehl `FSK:INT:RATE` eine FSK-Rate zwischen 2 mHz und 100 kHz (betrifft nur interne FSK-Quelle). Die FSK-Rate spezifiziert die Rate, mit der die Ausgangsfrequenz zwischen der Trägerfrequenz und der „Hop“-Frequenz wechselt.

5 Aktivieren Sie die FSK-Modulation.

Nachdem Sie die FSK-Modulationsparameter konfiguriert haben, aktivieren Sie die FSK-Modulation mit dem Befehl `FSK:STAT ON`.

FSK-Befehle

Konfigurieren Sie das Trägersignal mit Hilfe des Befehls APPLy oder der Low-Level-Befehle FUNC, FREQ, VOLT und VOLT:OFFS.

`FSKey:SOURce {INTernal|EXTernal}`
`FSKey:SOURce?`

Wählen Sie eine interne oder externe FSK-Modulationsquelle. Die Standardeinstellung ist INT. Der Abfragebefehl `:SOUR?` liefert den Wert „INT“ oder „EXT“ zurück.

- Wenn die Quelle *Internal* gewählt wurde, wird die Rate, mit welcher die Ausgangsfrequenz zwischen der Trägerfrequenz und der „Hop“-Frequenz wechselt, durch die spezifizierte *FSK-Rate* (Befehl `FSK:INT:RATE`) bestimmt.
- Wenn die Modulationsquelle *External* gewählt wurde, wird die Ausgangsfrequenz durch das Signal am rückseitigen Eingang *Trig In* bestimmt. Wenn das externe Signal sich im *LOW*-Zustand befindet, wird die *Trägerfrequenz* ausgegeben. Wenn das externe Signal sich im *HIGH*-Zustand befindet, wird die *„Hop“-Frequenz* ausgegeben.
- Die maximal zulässige FSK-Rate bei externer Modulation ist 1 MHz.
- Beachten Sie, dass der für die externe FSK-Modulation verwendete Anschluss (*Trig In*) nicht der gleiche ist wie für externe AM-, FM-, PM- und PWM-Signale (*Modulation In*). Wenn der Anschluss *Trig In* zur externen FSK-Modulation verwendet wird, kann die Triggerflankenpolarität *nicht* verändert werden und wird von dem Befehl `TRIG:SLOP` nicht beeinflusst.

`FSKey:FREQuency {<`*Frequenz*`>|MINimum|MAXimum}`
`FSKey:FREQuency? [MINimum|MAXimum]`

Spezifizieren Sie die alternative („Hop“-) Frequenz für FSK-Modulation. Wählen Sie einen Wert im Bereich von 1 µHz bis 20 MHz (bzw. bis 200 kHz bei Sägezahnsignalen oder 6 MHz bei Arbiträrsignalen). Der Standardwert ist 100 Hz. MIN = 1 µHz. MAX = 20 MHz. Der Abfragebefehl `:FREQ?` liefert die „Hop“-Frequenz in Hertz zurück.

`FSKey:INTernal:RATE` {<*Rate in Hz*>|**`MINimum`**|**`MAXimum`**}
`FSKey:INTernal:RATE?` [**`MINimum`**|**`MAXimum`**]

Dieser Befehl spezifiziert die Rate, mit der die Ausgangsfrequenz zwischen der Trägerfrequenz und der „Hop"-Frequenz wechselt. Spezifizieren Sie einen Wert zwischen 2 mHz und 100 kHz. Der Standardwert ist 10 Hz. MIN = 2 mHz. MAX = 100 kHz. Der Abfragebefehl `:RATE?` liefert die FSK-Rate in Hertz.

- Die FSK-Rate ist nur von Bedeutung, wenn die Modulationsquelle *Internal* gewählt wurde (Befehl `FSK:SOUR INT`); wenn die externe Modulationsquelle gewählt wurde (Befehl `FSK:SOUR EXT`), wird die FSK-Rate ignoriert.
- Zur internen Modulation wird ein *Rechtecksignal* mit einem Tastverhältnis von 50 % verwendet.

`FSKey:STATe` {**`OFF`**|**`ON`**}
`FSKey:STATe?`

Dieser Befehl deaktiviert oder aktiviert die FSK-Modulation. Um ein mehrmaliges Umschalten der Signalform zu vermeiden, sollten Sie den Modulationstyp „FSK" erst *nach* dem Konfigurieren der übrigen Modulationsparameter wählen. Die Standardeinstellung ist OFF. Der Abfragebefehl `:STAT?` liefert den Wert „0" (OFF) oder „1" (ON) zurück.

- Der Funktionsgenerator bietet mehrere Modulationstypen zur Auswahl, von denen jedoch immer nur einer aktiv sein kann. Es ist beispielsweise nicht möglich, die Modulationstypen FSK und AM miteinander zu kombinieren. Wenn Sie FSK wählen, wird der zuvor gewählte Modulationstyp deaktiviert.
- Der Modulationstyp „FSK" kann auch nicht mit der Betriebsart „Sweep" oder „Burst" kombiniert werden. Wenn Sie FSK wählen, wird die Betriebsart „Sweep" oder „Burst" gegebenenfalls deaktiviert.

Befehle zum Konfigurieren der Pulsbreitenmodulation (PWM)

Siehe auch „Pulsbreitenmodulation“ auf Seite 93 in Kapitel 3.

Überblick über die PWM-Befehle

Es folgt ein Überblick über die zum Konfigurieren der PWM-Funktion erforderlichen Schritte. Die PWM-Befehle werden im Anschluss beschrieben.

1 Konfigurieren Sie die Trägersignalform.

Wählen Sie mit dem Befehl `APPLy` oder den Low-Level-Befehlen `FUNC`, `FREQ`, `VOLT` und `VOLT:OFFS` die Ausgangsfunktion, Frequenz, Amplitude und Offsetspannung des Trägersignals. PWM ist nur für die Signalform *Pulse* verfügbar.

2 Wählen Sie die Modulationsquelle.

Das vom Funktionsgenerator erzeugte Trägersignal kann mit einem internen oder externen Modulationssignal moduliert werden. Wählen Sie mit dem Befehl `PWM:SOUR` die gewünschte Modulationsquelle. *Bei Verwendung einer externen Quelle können Sie die Schritte 3 und 4 überspringen.*

3 Wählen Sie die Form des Modulationssignals.

Für das Modulationssignal sind die Signalformen „Sine“, „Square“, „Ramp“, „Noise“ oder „Arbitrary“ verfügbar (nicht jedoch „Pulse“ und „DC“). Wählen Sie mit dem Befehl `PWM:INT:FUNC` die gewünschte Modulationssignalform.

4 Wählen Sie die Modulationsfrequenz.

Spezifizieren Sie mit dem Befehl `PWM:INT:FREQ` eine Modulationsfrequenz zwischen 2 mHz und 20 kHz.

5 Stellen Sie die Abweichung der Pulsbreite oder des Tastverhältnisses ein.

Geben Sie für die **Pulsbreitenabweichung** mit dem Befehl `PWM:DEV` einen Wert zwischen 0 und der aktuellen **Pulsbreite** oder der aktuellen

Periode – Pulsbreite ein. Für die Obergrenze gilt der kleinere der beiden möglichen Werte. Sie können auch für die **Abweichung des Tastverhältnisses** mit dem Befehl `PWM:DEV:DCYC` einen Wert zwischen 0 % und dem aktuellen **Tastverhältnis** oder dem **100 % – Tastverhältnis** einstellen. Für die Obergrenze gilt der kleinere der beiden möglichen Werte.

6 Aktivieren Sie die Pulsbreitenmodulation.

Nachdem Sie die Modulationsparameter konfiguriert haben, aktivieren Sie die Pulsbreitenmodulation mit dem Befehl `PWM:STAT ON`.

PWM-Befehle

> Konfigurieren Sie das Trägersignal mit Hilfe des Befehls APPLy oder der Low-Level-Befehle FUNC, FREQ, VOLT und VOLT:OFFS.

`PWM:SOURce {INTernal|EXTernal}`
`PWM:SOURce?`

Dieser Befehl wählt die Quelle des Modulationssignals. Das vom Funktionsgenerator erzeugte Trägersignal kann mit einem internen oder externen Modulationssignal moduliert werden. Die Standardeinstellung ist INT. Die Abfrage mit dem Befehl `:SOUR?` liefert den Wert „INT“ oder „EXT“ zurück.

- Wenn Sie die Modulationsquelle *External* wählen, wird das Trägersignal mit einem externen Signal moduliert. Die Abweichung von Pulsbreite oder Tastverhältnis wird durch die Amplitude des am rückseitigen Eingang *Modulation In* anliegenden Signals (maximal ±5 V) bestimmt. Wenn Sie beispielsweise mit dem Befehl `PWM:DEV` für die Pulsbreitenabweichung einen Wert von 50 µs eingegeben haben, so entspricht einem Signalpegel von +5 V eine Erhöhung der Pulsbreite um 50 µs. Ein niedriger externer Signalpegel verursacht eine geringere Abweichung.

`PWM:INTernal`
`  :FUNCtion {SINusoid|SQUare|RAMP|NRAMp|TRIangle|NOISe|USER}`
`  :FUNCtion?`

Dieser Befehl wählt die Form des *Modulationssignals*. Er wird nur benötigt, wenn mit dem Befehl `PWM:SOUR INT` die *interne* Modulations-

signalquelle gewählt wurde. (Für PWM muss das Trägersignal ein Pulssignal sein.) Die Standard-Modulationssignalform ist SIN. Die Abfrage mit dem Befehl `:FUNC?` liefert den Wert „SIN“, „SQU“, „RAMP“, „NRAM“, „TRI“, „NOIS“ oder „USER“ zurück.

- Der Parameter „SQU“ spezifiziert ein Rechtecksignal mit einem Tastverhältnis von *50 %*.

- Der Parameter „RAMP“ spezifiziert ein Sägezahnsignal mit einem Symmetrieverhältnis von *100 %*.

- Der Parameter „TRI“ spezifiziert ein Sägezahnsignal mit einem Symmetrieverhältnis von *50 %*.

- Der Parameter „NRAM“ (“negative ramp”) spezifiziert ein Sägezahnsignal mit einem Symmetrieverhältnis von *0 %*.

- Wenn Sie ein Arbiträrsignal als *Modulationssignal* („USER”) wählen, wird die Länge des Arbiträrsignals automatisch auf 4K Punkte begrenzt. Überzählige Signalpunkte werden mittels Dezimierung entfernt.

`PWM:INTernal:FREQuency` {<*Frequenz*>|**`MINimum`**|**`MAXimum`**}
`PWM:INTernal:FREQuency?` [**`MINimum`**|**`MAXimum`**]

Dieser Befehl spezifiziert die Frequenz des *Modulationssignals*. Er wird nur benötigt, wenn mit dem Befehl `PWM:SOUR INT` die *interne* Modulationssignalquelle gewählt wurde. Geben Sie einen Wert zwischen 2 mHz und 20 kHz an. Der Standardwert ist 10 Hz. MIN = 2 mHz. MAX = 20 kHz. Die Abfrage mit dem Befehl `:FREQ?` liefert die interne Modulationsfrequenz in Hertz zurück.

`PWM:DEViation` {<*Abweichung in Sekunden*>|**`MINimum`**|**`MAXimum`**}
`PWM:DEViation?`[**`MINimum`**|**`MAXimum`**]

Dieser Befehl spezifiziert die Pulsbreitenabweichung in Sekunden. Dieser Wert ist definiert als die Breite der Abweichung (in Sekunden) von der Pulsbreite des Trägersignals. Der Standardwert ist 10 µs. MIN = 0 s. MAX = 1000 s (begrenzt durch Periode, minimale Pulsbreite und Flankenzeit). Die Abfrage mit dem Befehl `:DEV?` liefert die Abweichung von der Pulsbreite in Sekunden zurück.

- Die Pulsbreitenabweichung kann die aktuelle Pulsbreite nicht überschreiten.

- Sie ist ebenfalls durch die minimale Pulsbreite (Wmin) beschränkt.

  Pulsbreitenabweichung ≤ Pulsbreite – Wmin

  und

  Pulsbreitenabweichung ≤ Periode – Pulsbreite – Wmin

  Dabei ist:

  Wmin = 20 ns für eine Periode von ≤ 10 s.
  Wmin = 200 ns für eine Periode von > 10 s und ≤ 100 s.
  Wmin = 2 µs für eine Periode von > 100 s und ≤ 1000 s.
  Wmin = 20 µs für eine Periode von > 1000 s.

- Die Pulsbreitenabweichung ist durch die aktuelle Einstellung der Flankenzeit begrenzt.

  Pulsbreitenabweichung ≤ Pulsbreite – (1,6 X Flankenzeit)

  und

  Pulsbreitenabweichung ≤ Periode – Pulsbreite – (1,6 X Flankenzeit)

- Wenn Sie mit dem Befehl `PWM:SOUR EXT` die Modulationsquelle *External* wählen, so wird der Phasenhub durch das Signal (±5 V) am rückseitigen Eingang *Modulation In* bestimmt. Wenn Sie beispielsweise eine Pulsbreitenabweichung von 10 µs gewählt haben, so entspricht einem Signalpegel von +5 V eine Abweichung von 10 µs. Ein niedrigerer externer Signalpegel verursacht eine geringere und ein negativer Signalpegel eine negative Pulsbreitenabweichung.

Hinweis: *Die Ausführung des Befehls* PWM:DEV *wird durch den Befehl* FUNC:PULS:HOLD *beeinflusst. Weitere Informationen finden Sie unter* Puls-Konfigurationsbefehle *auf Seite 204.*
Der Befehl FUNC:PULS:HOLD *legt fest, ob die Werte für die Pulsbreite (Standardeinstellung) oder für das Tastverhältnis des Pulssignals gleich bleiben, während die Periode geändert wird. Wenn die Pulsbreite unverändert bleibt, gilt dies auch für die Pulsbreitenabweichung. Wird das Tastverhältnis beibehalten, so gilt dies auch für die Abweichung des Tastverhältnisses. In diesem Fall werden die Werte für die Pulsbreitenabweichung mit dem Befehl* PWM:DEV *spezifiziert und automatisch in die entsprechende Abweichung des Tastverhältnisses in Prozent umgerechnet.*

PWM:DEViation:DCYCle
{<*Abweichung in Prozent*>|**MINimum**|**MAXimum**}
PWM:DEViation:DCYCle?[**MINimum**|**MAXimum**]

Mit diesem Befehl stellen Sie die Abweichung des Tastverhältnisses in Prozent (Prozent der Periode) ein. Dieser Wert ist definiert als die maximale Abweichung des Tastverhältnisses vom Tastverhältnis des zugrunde liegenden Pulssignals. Wenn beispielsweise das Tastverhältnis 10 % und die Abweichung des Tastverhältnisses 5 % betragen, schwankt das Tastverhältnis des modulierten Signals zwischen 5 % und 15 %. Der Standardwert ist 1 Prozent. MIN ist circa 0 %. MAX ist ca. 100 % (begrenzt durch Periode, minimale Pulsbreite und Flankenzeit). Die Abfrage mit dem Befehl `:DEV:DCYC?` liefert die aktuelle Abweichung des Tastverhältnisses in Prozent zurück.

- Die Abweichung des Tastverhältnisses kann nicht das Tastverhältnis des aktuellen Pulssignals übersteigen.
- Sie ist ebenfalls durch die minimale Pulsbreite (Wmin) beschränkt.

  Abweichung des Tastverhältnisses $\leq$ Tastverhältnis – 100 X Wmin ÷ Periode

  und

  Abweichung des Tastverhältnisses $\leq$ 100 – Tastverhältnis – 100 X Wmin ÷ Periode

  Dabei ist:

  Wmin = 20 ns für eine Periode von $\leq$ 10 s.
  Wmin = 200 ns für eine Periode von > 10 s und $\leq$ 100 s.
  Wmin = 2 µs für eine Periode von > 100 s und $\leq$ 1000 s.
  Wmin = 20 µs für eine Periode von > 1000 s.

- Die Abweichung des Tastverhältnisses ist auch durch die aktuelle Einstellung der Flankenzeit beschränkt.

  Abweichung des Tastverhältnisses $\leq$ Tastverhältnis – (160 X Flankenzeit) ÷ Periode

  und

  Abweichung des Tastverhältnisses $\leq$ 100 – Tastverhältnis – (160 X Flankenzeit) ÷ Periode

- Wenn Sie mit dem Befehl `PWM:SOUR EXT` die Modulationsquelle *External* wählen, so wird der Phasenhub durch das Signal (±5 V) am rückseitigen Eingang *Modulation In* bestimmt. Wenn Sie beispielsweise die Abweichung des Tastverhältnisses mit 5 Prozent angegeben haben, so entspricht einem Signalpegel von +5 V eine Abweichung von 5 Prozent; dem Tastverhältnis des Pulssignals werden also zusätzliche 5 % Periode hinzugefügt. Ein niedrigerer externer Signalpegel verursacht eine geringere Abweichung, ein negativer Signalpegel führt zu einer Verringerung des Tastverhältnisses.

Hinweis: *Die Ausführung des Befehls* PWM:DEV:DCYC *wird durch den Befehl* FUNC:PULS:HOLD *beeinflusst. Weitere Informationen finden Sie unter* Puls-Konfigurationsbefehle *auf Seite 204. Der Befehl* FUNC:PULS:HOLD *legt fest, ob die Werte für die Pulsbreite (Standardeinstellung) oder für das Tastverhältnis des Pulssignals gleich bleiben, während die Periode geändert wird. Wenn die Pulsbreite unverändert bleibt, gilt dies auch für die Pulsbreitenabweichung. Wird das Tastverhältnis beibhalten, so gilt dies auch für die Abweichung des Tastverhältnisses. Wenn die Werte für Pulsbreite und ihre Abweichung gleich bleiben, werden die Werte für die Abweichung des Tastverhältnisses mit dem Befehl* PWM:DEV:DCYC *spezifiziert und automatisch in die entsprechende Pulsbreitenabweichung in Sekunden umgerechnet.*

`PWM:STATe {OFF|ON}`
`PWM:STATe?`

Dieser Befehl deaktiviert oder aktiviert die Pulsbreitenmodulation. Um ein mehrmaliges Umschalten der Signalform zu vermeiden, sollten Sie den Modulationstyp „PWM“ erst *nach* dem Konfigurieren aller Modulationsparameter wählen. Die Standardeinstellung ist OFF. Der Abfragebefehl `:STAT?` liefert den Wert „0“ (OFF) oder „1“ (ON) zurück.

- Der Funktionsgenerator bietet mehrere Modulationstypen zur Auswahl, von denen jedoch immer nur einer aktiv sein kann. Es ist beispielsweise nicht möglich, die Modulationstypen PWM und AM miteinander zu kombinieren. Wenn Sie PWM wählen, wird der zuvor gewählte Modulationstyp deaktiviert.
- Der Modulationstyp PWM kann auch nicht mit den Betriebsarten „Sweep“ oder „Burst“ kombiniert werden. Wenn Sie PWM wählen, wird die Betriebsart „Sweep“ oder „Burst“ gegebenenfalls deaktiviert.
- PWM kann nur mit der Signalform „Pulse“ durchgeführt werden.

Befehle zum Konfigurieren der Wobbelbetriebsart

Siehe auch „Frequenzwobbelung“, beginnend auf Seite 109 in Kapitel 3.

Überblick über die Wobbelbetriebsart

Es folgt ein Überblick über die zum Konfigurieren der Wobbelbetriebsart erforderlichen Schritte. Auf Seite 233 werden die zugehörigen Befehle beschrieben.

1 Spezifizieren Sie die Signalform, die Amplitude und die Offsetspannung.

Wählen Sie mit dem Befehl `APPLy` oder den Low-Level-Befehlen `FUNC`, `FREQ`, `VOLT` und `VOLT:OFFS` die Ausgangsfunktion, Frequenz, Amplitude und Offsetspannung. Es sind die Signalformen „Sine“, „Square“, „Ramp“ oder „Arbitrary“ verfügbar (nicht jedoch „Pulse“, „Noise“ und „DC“).

2 Spezifizieren Sie die Frequenzgrenzen für die Wobbelung.

Sie können die Frequenzgrenzen auf zweierlei Weise spezifizieren:

a *Start-Frequenz/Stop-Frequenz*: Der Befehl `FREQ:STAR` spezifiziert die Start-Frequenz und der Befehl `FREQ:STOP` die Stop-Frequenz für die Wobbelung.

Für ***Aufwärtswobbelung*** muss die Start-Frequenz **<** Stop-Frequenz sein.
Für ***Abwärtswobbelung*** muss die Start-Frequenz **>** Stop-Frequenz sein.

b *Mittenfrequenz/Wobbelbandbreite*: Der Befehl `FREQ:CENT` spezifiziert die Mittenfrequenz und der Befehl `FREQ:SPAN` die Wobbelbandbreite.

Spezifizieren Sie für ***Aufwärtswobbelung*** eine *positive* Wobbelbandbreite.
Spezifizieren Sie für ***Abwärtswobbelung*** eine *negative* Wobbelbandbreite.

3 Wählen Sie die Wobbelcharakteristik.

Wählen Sie mit dem Befehl `SWE:SPAC` die Wobbelcharakteristik (linear oder logarithmisch).

4 Spezifizieren Sie die Wobbelzeit.

Spezifizieren Sie mit dem Befehl `SWE:TIME` die Zeit (in Sekunden) für die Wobbelung von der Start-Frequenz bis zur Stop-Frequenz.

5 Wählen Sie die Wobbeltriggerquelle.

Wählen Sie mit dem Befehl `TRIG:SOUR` die Wobbeltriggerquelle.

6 Spezifizieren Sie die Markenfrequenz. (*Optional*)

Bei Bedarf können Sie den Funktionsgenerator so konfigurieren, dass er bei Erreichen einer spezifizierten Frequenz, der sogenannten Markenfrequenz, über den Anschluss *Sync* auf der Frontplatte ein Sync-Signal ausgibt. Spezifizieren Sie mit dem Befehl `MARK:FREQ` für die Markenfrequenz einen Wert zwischen der Start-Frequenz und der Stop-Frequenz. Aktivieren Sie mit dem Befehl `MARK ON` die Frequenzmarke.

7 Aktivieren Sie die Wobbelbetriebsart.

Nachdem Sie die Modulationsparameter konfiguriert haben, aktivieren Sie die Wobbelbetriebsart mit dem Befehl `SWE:STAT ON`.

Wobbelbefehle

`FREQuency:STARt` {<*Frequenz*>|**`MINimum`**|**`MAXimum`**}
`FREQuency:STARt?` [**`MINimum`**|**`MAXimum`**]

Dieser Befehl spezifiziert die Start-Frequenz (die zusammen mit der *Stop-Frequenz* den Wobbelbereich bestimmt). Wählen Sie einen Wert im Bereich von 1 µHz bis 20 MHz (bzw. bis 200 kHz bei Sägezahnsignalen oder 6 MHz bei Arbiträrsignalen). Der Standardwert ist 100 Hz. MIN = 1 µHz. MAX = 20 MHz. Der Abfragebefehl `:STAR?` liefert die Start-Frequenz in Hertz zurück.

- Für ***Aufwärtswobbelung*** muss die Start-Frequenz **<** Stop-Frequenz sein.
  Für ***Abwärtswobbelung*** muss die Start-Frequenz **>** Stop-Frequenz sein.

`FREQuency:STOP` {<*Frequenz*>|**`MINimum`**|**`MAXimum`**}
`FREQuency:STOP?` [**`MINimum`**|**`MAXimum`**]

Dieser Befehl spezifiziert die Stop-Frequenz (die zusammen mit der *Start-Frequenz* den Wobbelbereich bestimmt). Wählen Sie einen Wert im Bereich von 1 µHz bis 20 MHz (bzw. bis 200 kHz bei Sägezahnsignalen

oder 6 MHz bei Arbiträrsignalen). Der Standardwert ist 1 kHz. MIN = 1 µHz. MAX = 20 MHz. Der Abfragebefehl `:STOP?` liefert die Stop-Frequenz in Hertz zurück.

`FREQuency:CENTer` {<*Frequenz*>|**`MINimum`**|**`MAXimum`**}
`FREQuency:CENTer?` [**`MINimum`**|**`MAXimum`**]

Dieser Befehl spezifiziert die Mittenfrequenz (die zusammen mit der *Wobbelbandbreite* den Wobbelbereich bestimmt). Wählen Sie einen Wert im Bereich von 1 µHz bis 20 MHz (bzw. bis 200 kHz bei Sägezahnsignalen oder 6 MHz bei Arbiträrsignalen). Der Standardwert ist 550 Hz. MIN = 1 µHz. MAX ist von der Wobbelbandbreite und der für die gewählte Funktion maximal zulässigen Frequenz abhängig. Der Abfragebefehl `:CENT?` liefert die Mittenfrequenz in Hertz zurück.

$$\text{Mittenfrequenz (max)} = \text{Max. Frequenz} - \frac{\text{Wobbelbandbreite}}{2}$$

- Die folgende Gleichung beschreibt den Zusammenhang zwischen der Mittenfrequenz und den Start/Stop-Frequenzen.

$$\text{Mittenfrequenz} = \frac{\text{Stop-Frequenz} - \text{Start-Frequenz}}{2}$$

`FREQuency:SPAN` {<*Frequenz*>|**`MINimum`**|**`MAXimum`**}
`FREQuency:SPAN?` [**`MINimum`**|**`MAXimum`**]

Dieser Befehl spezifiziert die Wobbelbandbreite (die zusammen mit der *Mittenfrequenz* den Wobbelbereich bestimmt). Wählen Sie einen Wert im Bereich von 0 Hz bis 20 MHz (bzw. bis 200 kHz bei Sägezahnsignalen oder 6 MHz bei Arbiträrsignalen). Der Standardwert ist 900 Hz. MIN = 0 Hz. MAX ist von der Mittenfrequenz und der für die gewählte Funktion maximal zulässigen Frequenz abhängig. Der Abfragebefehl `:SPAN?` liefert die Wobbelbandbreite in Hertz (der Wert kann positiv oder negativ sein).

$$\text{Wobbelbandbreite (max)} = 2 \times (\text{Max. Frequenz} - \text{Mittenfrequenz})$$

- Wählen Sie für eine ***Aufwärtswobbelung*** eine *positive* Wobbelbandbreite.Wählen Sie für eine ***Abwärtswobbelung*** eine *negative* Wobbelbandbreite.
- Die folgende Gleichung beschreibt den Zusammenhang zwischen der Wobbelbandbreite und den Start/Stop-Frequenzen.

$$\text{Wobbelbandbreite} = \text{Stop-Frequenz} - \text{Start-Frequenz}$$

SWEep:SPACing {**LINear**|**LOGarithmic**}
SWEep:SPACing?

Dieser Befehl wählt die Wobbelcharakteristik (linear oder logarithmisch). Die Standardeinstellung ist linear. Der Abfragebefehl `:SPAC?` liefert den Wert „LIN“ oder „LOG“ zurück.

- Bei *linearer* Wobbelung wird die Frequenz linear in Abhängigkeit von der Zeit verändert.
- Bei *logarithmischer* Wobbelung wird die Frequenz logarithmisch in Abhängigkeit von der Zeit verändert.

SWEep:TIME {<*Sekunden*>|**MINimum**|**MAXimum**}
SWEep:TIME? [MINimum|MAXimum]

Dieser Befehl spezifiziert die Zeit (in Sekunden) für die Wobbelung von der Start-Frequenz bis zur Stop-Frequenz. Der Wert muss zwischen 1 ms und 500 Sekunden liegen. Der Standardwert ist 1 Sekunde. MIN = 1 ms. MAX = 500 seconds. Der Abfragebefehl `:TIME?` liefert die Wobbelzeit in Sekunden zurück.

- Die Anzahl der diskreten Frequenzpunkte eines Wobbelzyklus wird vom Funktionsgenerator automatisch berechnet und ist von der gewählten Wobbelzeit abhängig.

SWEep:STATe {**OFF**|**ON**}
SWEep:STATe?

Dieser Befehl deaktiviert oder aktiviert die Wobbelbetriebsart. Um ein mehrmaliges Umschalten der Signalform zu vermeiden, sollten Sie die Wobbelbetriebsart erst *nach* dem Konfigurieren der übrigen Wobbelparameter wählen. Die Standardeinstellung ist OFF. Der Abfragebefehl `:STAT?` liefert den Wert „0“ (OFF) oder „1“ (ON) zurück.

- Die Wobbelbetriebsart kann nicht mit der Burst-Betriebsart oder einer Modulationsbetriebsart kombiniert werden. Wenn Sie die Wobbelbetriebsart wählen, wird die Burst-Betriebsart oder eine Modulationsbetriebsart gegebenenfalls automatisch deaktiviert.

`TRIGger:SOURce {IMMediate|EXTernal|BUS}`
`TRIGger:SOURce?`

Dieser Befehl wählt die Triggerquelle. Der Funktionsgenerator akzeptiert einen sofortigen internen Trigger, einen Hardware-Trigger über den rückseitigen Eingang *Trig In* oder einen Software- (Bus-) Trigger. Die Standardeinstellung ist IMM. Der Abfragebefehl `:SOUR?` liefert den Wert „IMM“, „EXT“ oder „BUS“ zurück.

- Wenn Sie die Triggerquelle *Immediate* (Interne Triggerquelle) wählen, gibt der Funktionsgenerator eine kontinuierliche Folge von Wobbelzyklen aus, deren Rate durch die spezifizierte Wobbelzeit (Befehl `SWE:TIME`) ***plus*** 1 ms bestimmt wird.
- Wenn Sie die Wobbel-Triggerquelle *External* wählen, wartet der Funktionsgenerator auf ein Triggersignal über den rückseitigen Eingang *Trig In*. Der Funktionsgenerator gibt jedesmal, wenn er über den Eingang *Trig In* eine TTL-Flanke mit der spezifizierten Polarität (Befehl `TRIG:SLOP`, siehe Seite 237) empfängt, einen Wobbelzyklus aus. Die Triggerperiode muss größergleich der spezifizierten Wobbelzeit ***plus*** 1 ms sein.
- Wenn die Triggerquelle *Bus* (Software) gewählt wurde, gibt der Funktionsgenerator jedesmal, wenn er einen Bus-Trigger-Befehl empfängt, einen Wobbelzyklus aus. Mit dem Befehl `*TRG` (Trigger) können Sie den Funktionsgenerator über die Fernsteuerungsschnittstelle (GPIB, USB oder LAN) triggern. Wenn der Funktionsgenerator auf einen Bus-Trigger wartet, leuchtet die Taste (Trigger).
- Der Befehl `APPLy` wählt automatisch die Triggerquelle *Immediate* (äquivalent zum Befehl `TRIG:SOUR IMM`).
- Wenn die Triggerquelle *Bus* gewählt wurde, können Sie durch Senden des Befehls `*WAI` (Wait) die Synchronisation gewährleisten. Nach Empfang des Befehls `*WAI` wartet der Funktionsgenerator mit der Ausführung weiterer Befehle so lange, bis alle in Gang befindlichen Operationen ausgeführt sind. Beispiel: Der folgende Befehlsstring gewährleistet, dass der erste Trigger akzeptiert und die Operation ausgeführt wird, bevor der zweite Trigger erkannt wird.

```
TRIG:SOUR BUS;*TRG;*WAI;*TRG;*WAI
```

- Mit dem Abfragebefehl `*OPC?` (Operation Complete Query) oder `*OPC` (Operation Complete) können Sie signalisieren, wann ein Wobbelzyklus abgeschlossen ist. Der Abfragebefehl `*OPC?` bewirkt, dass nach

Abschluss des Wobbelzyklus der Wert „1“ in den Ausgangspuffer geschrieben wird. Der Befehl `*OPC` setzt nach Abschluss des Wobbelzyklus das Bit „Operation Complete“ (Bit 0) im Standard-Ereignisregister.

`TRIGger:SLOPe {POSitive|NEGative}`
`TRIGger:SLOPe?`

Dieser Befehl spezifiziert, auf welche Flanke (positiv oder negativ) des Signals am rückseitigen Eingang *Trig In* der Funktionsgenerator bei externer Triggerung triggert. Die Standardeinstellung ist POS (positive Flanke, Anstiegsflanke). Der Abfragebefehl `:SLOP?` liefert den Wert „POS“ oder „NEG“ zurück.

`OUTPut:TRIGger:SLOPe {POSitive|NEGative}`
`OUTPut:TRIGger:SLOPe?`

Dieser Befehl wählt die Flankenpolarität (positiv oder negativ) für das Signal am rückseitigen Ausgang „Trigger out“. Wenn der Ausgang *Trig Out* mit dem Befehl `OUTP:TRIG` (siehe weiter unten) aktiviert wurde, gibt der Funktionsgenerator am Anfang eines jeden Wobbelzyklus über diesen Ausgang eine TTL-Flanke mit der spezifizierten Polarität aus. „POS“ wählt positive Flankenpolarität (Anstiegsflanke); „NEG“ wählt negative Flankenpolarität (Abfallflanke). Die Standardeinstellung ist POS. Der Abfragebefehl `:SLOP?` liefert den Wert „POS“ oder „NEG“ zurück.

- Wenn die Triggerquelle *Immediate* (interne Triggerung) gewählt wurde (Befehl `TRIG:SOUR IMM`), gibt der Funktionsgenerator über den Anschluss *Trig Out* ein Rechtecksignal mit einem Tastverhältnis von 50 % aus.Dabei ist die positive Flanke der Wobbeltrigger. Die Periode dieses Signals ist gleich der spezifizierten Wobbelzeit (Befehl `SWE:TIME`).
- Wenn die Triggerquelle *External* gewählt wird (Befehl `TRIG:SOUR EXT`), wird das „Trigger out“-Signal automatisch deaktiviert. In diesem Fall dient der Anschluss *Trig In/Out* zur Triggerung der Wobbelung durch ein externes Signal.
- Wenn die Triggerquelle *Bus* (Software) gewählt wurde (Befehl `TRIG:SOUR BUS`), gibt der Funktionsgenerator am Anfang des Wobbelzyklus über den Anschluss *Trig Out* einen Puls mit einer Breite >1 µs aus.

OUTPut:TRIGger {OFF|ON}
OUTPut:TRIGger?

Dieser Befehl deaktiviert oder aktiviert das „Trigger out"-Signal. Wenn der rückseitige Ausgang *Trig Out* aktiviert wurde, gibt der Funktionsgenerator am Anfang eines jeden Wobbelzyklus über diesen Ausgang eine TTL-Flanke mit der spezifizierten Polarität (Befehl `OUTP:TRIG:SLOP`) aus. Die Standardeinstellung ist OFF. Der Abfragebefehl `:TRIG?` liefert den Wert „0" (OFF) oder „1" (ON) zurück.

MARKer:FREQuency {<*Frequenz*>|MINimum|MAXimum}
MARKer:FREQuency? [MINimum|MAXimum]

Dieser Befehl spezifiziert die Markenfrequenz. Sobald die Ausgangsfrequenz während eines Wobbelzyklus die Markenfrequenz erreicht, geht das Signal am Frontplatteneingang *Sync* in den LOW-Zustand über. Das Sync-Signal geht am Anfang des Wobbelzyklus immer vom LOW-Zustand in den HIGH-Zustand über. Wählen Sie einen Wert im Bereich von 1 µHz bis 20 MHz (bzw. bis 200 kHz bei Sägezahnsignalen oder 6 MHz bei Arbiträrsignalen). Der Standardwert ist 500 Hz. MIN = Start- oder Stop-Frequenz (je nachdem, welcher Wert kleiner ist). MAX = Start-Frequenz oder Stop-Frequenz (je nachdem, welcher Wert größer ist). Der Abfragebefehl `:FREQ?` liefert die Markenfrequenz in Hertz zurück.

- Beim Aktivieren der Wobbelbetriebsart *muss* die Markenfrequenz zwischen der Start-Frequenz und der Stop-Frequenz liegen. Falls Sie versuchen, eine außerhalb dieses Bereichs liegende Markenfrequenz zu spezifizieren, wird die Markenfrequenz automatisch gleich der Start-Frequenz oder der Stop-Frequenz eingestellt (je nachdem, welche dieser beiden Frequenzen der gewünschten Markenfrequenz näher liegt). *Es wird die Fehlermeldung „Settings conflict" generiert, und die Markenfrequenz wird wie beschrieben abgeändert.*

MARKer {OFF|ON}
MARKer?

Dieser Befehl deaktiviert oder aktiviert die Frequenzmarke. Wenn die Frequenzmarke deaktiviert wurde, wird über den Anschluss *Sync* das normale Sync-Signal für die gewählte Trägersignalform ausgegeben (siehe „„Sync"-Ausgangssignal" auf Seite 77). Die Standardeinstellung ist OFF. Der Abfragebefehl `:MARK?` liefert den Wert „0" (OFF) oder „1" (ON) zurück.

- Der Befehl `MARK` hat Vorrang gegenüber dem Befehl `OUTP:SYNC`. Das bedeutet, dass der Befehl `OUTP:SYNC` ignoriert wird, wenn die Markenfrequenz (und die Wobbelbetriebsart) aktiv ist.

Befehle zum Konfigurieren der Burst-Betriebsart

Siehe auch „Betriebsart „Burst"", beginnend auf Seite 115 in Kapitel 3.

Überblick über die Burst-Betriebsart

Es folgt ein Überblick über die zum Konfigurieren der Burst-Betriebsart erforderlichen Schritte. Der Signalgenerator verfügt über zwei Burst-Betriebsarten: „Triggered Burst" und „External Gated Burst". Der Funktionsgenerator kann nicht beide Burst-Betriebsarten gleichzeitig aktivieren.

- *Betriebsart „Triggered Burst"*: Dies ist die Standardbetriebsart. In dieser Betriebsart gibt der Signalgenerator nach dem Empfang eines Triggers ein Signal mit einer spezifizierten Anzahl von Zyklen (*„Burst count"*) aus. Danach wartet der Signalgenerator auf den nächsten Trigger. Es stehen folgende Burst-Triggerquellen zur Auswahl: interner Trigger, manueller Trigger (Betätigung der Taste (Trigger)), externer Trigger (ein Signal am rückseitigen Anschluss *Trig In*) oder Software-Trigger (Triggerbefehl über die Fernsteuerungsschnittstelle).
- *Betriebsart „External Gated Burst"*: In dieser Betriebsart wird das Ausgangssignal durch ein externes Torsignal am rückseitigen Anschluss *Trig In* aus- oder eingeschaltet. Solange das Torsignal *TRUE* ist, gibt der Funktionsgenerator ein kontinuierliches Signal aus. Wenn das Torsignal in den Zustand *FALSE* übergeht, wird die Signalausgabe nach dem Ende des aktuellen Signalzyklus beendet. Die Ausgangsspannung bleibt auf dem durch die Start-Burst-Phase der gewählten Signalform vorgegebenen Wert.

	„Burst Mode" (BURS:MODE)	**„Burst Count"** (BURS:NCYC)	**„Burst Period"** (BURS:INT:PER)	**„Burst Phase"** (BURS:PHAS)	**„Trigger Source"** (TRIG:SOUR)
Betriebsart „Triggered Burst": Interner Trigger	TRIGgered	Verfügbar	Verfügbar	Verfügbar	IMMediate
Betriebsart „Triggered Burst": Externer Trigger	TRIGgered	Verfügbar	–	Verfügbar	EXTernal, BUS
Betriebsart „Gated Burst": Externer Trigger	GATed	–	–	Verfügbar	–

1 Konfigurieren Sie die Burst-Signalform.

Wählen Sie mit dem Befehl APPLy oder den Low-Level-Befehlen FUNC, FREQ, VOLT und VOLT:OFFS die Funktion, Frequenz, Amplitude und Offsetspannung des Signals. Für die Betriebsart „Burst“ sind die Signalformen „Sine“, „Square“, „Ramp“, „Pulse“ oder „Arbitrary“ verfügbar. (Die Signalform „DC“ ist nicht verfügbar und die Signalform „Noise“ nur in der Betriebsart „Gated burst“). Die minimale Frequenz für intern getriggerte Bursts ist 2,001 mHz. Für Sinus- und Rechtecksignale sind Frequenzen oberhalb von 6 MHz nur in der Betriebsart „infinite burst count“ zulässig.

2 Wählen Sie die Betriebsart „Triggered burst“ oder „Gated Burst“.

Wählen Sie mit dem Befehl `BURS:MODE` die Betriebsart *Triggered* (auf der Frontplatte als „N Cycle“ bezeichnet) oder *Gated*.

3 Wählen Sie die Burst-Anzahl.

Spezifizieren Sie mit dem Befehl `BURS:NCYC` für die Burst-Anzahl (Anzahl der Zyklen pro Burst) einen Wert zwischen 1 und 50 000 Zyklen (oder „infinite“). *Dieser Parameter betrifft nur die getriggerte Burst-Betriebsart.*

4 Spezifizieren Sie die Burst-Periode.

Spezifizieren Sie für die Burst-Periode (das Zeitintervall zwischen je zwei intern getriggerten Bursts) mit dem Befehl `BURS:INT:PER` einen Wert zwischen 1 µs und 500 Sekunden. *Dieser Parameter betrifft nur die intern getriggerte Burst-Betriebsart.*

5 Spezifizieren Sie die Burst-Start-Phase.

Spezifizieren Sie für die Burst-Start-Phase mit dem Befehl `BURS:PHAS` einen Wert zwischen -360 Grad und +360 Grad.

6 Wählen Sie die Triggerquelle.

Wählen Sie mit dem Befehl `TRIG:SOUR` die Triggerquelle. *Dieser Parameter betrifft nur die getriggerte Burst-Betriebsart.*

7 Aktivieren Sie die Burst-Betriebsart.

Nachdem Sie die Burst-Parameter konfiguriert haben, aktivieren Sie mit dem Befehl `BURS:STAT ON` die Burst-Betriebsart.

Befehle zum Konfigurieren der Burst-Betriebsart

Konfigurieren Sie das Signal mit Hilfe des Befehls APPLy oder der Low-Level-Befehle FUNC, FREQ, VOLT und VOLT:OFFS. Die minimale Frequenz für intern getriggerte Bursts ist 2,001 mHz. Für Sinus- und Rechtecksignale sind Frequenzen oberhalb von 6 MHz nur in der Betriebsart „infinite burst count“ zulässig.

`BURSt:MODE {TRIGgered|GATed}`
`BURSt:MODE?`

Wählen Sie die Burst-Betriebsart. In der Burst-Betriebsart *Triggered* gibt der Funktionsgenerator nach dem Empfang eines Triggers aus der spezifizierten Quelle (Befehl `TRIG:SOUR`) ein Signal mit der spezifizierten Anzahl von Bursts (*burst count*) aus. In der Betriebsart *Gated* wird das Ausgangssignal durch ein externes Torsignal am rückseitigen Anschluss *Trig In* ein-/ausgeschaltet. Die Standardeinstellung ist TRIG. Der Abfragebefehl `:MODE?` liefert den Wert „TRIG“ oder „GAT“ zurück.

- In der Betriebsart *gated* wird das Ausgangssignal durch ein externes Torsignal am rückseitigen Anschluss *Trig In* ein-/auseingeschaltet. Mit dem Befehl `BURS:GATE:POL` (siehe Seite 245) können Sie die Polarität des Signals am Anschluss *Trig In* spezifizieren. Solange das Torsignal *TRUE* ist, gibt der Funktionsgenerator ein kontinuierliches Signal aus. Wenn das Torsignal in den Zustand *FALSE* übergeht, wird die Signalausgabe nach dem Ende des aktuellen Signalzyklus beendet. Die Ausgangsspannung bleibt auf dem durch die Start-Burst-Phase der gewählten Signalform vorgegebenen Wert. Bei der Signalform „Noise“ wird die Signalausgabe beim TRUE/FALSE-Übergang des Torsignals sofort beendet.
- In der Betriebsart *„Gated*“ sind die Parameter „Burst count“, „Burst period“ und „Trigger source“ ohne Bedeutung. (Diese Parameter betreffen nur die Betriebsart „Triggered burst“). Falls der Funktionsgenerator einen manuellen Trigger (Befehl `TRIG`), empfängt, ignoriert er diesen, ohne eine Fehlermeldung anzuzeigen.

BURSt:NCYCles {<# *Zyklen*>|**INFinity**|**MINimum**|**MAXimum**}
BURSt:NCYCles? [**MINimum**|**MAXimum**]

Dieser Befehl spezifiziert die Anzahl der Zyklen pro Burst (betrifft nur die Burst-Betriebsart *Triggered*). Spezifizieren Sie einen beliebigen Wert zwischen 1 und 50 000 (*siehe nachfolgend beschriebene Einschränkungen*). Der Standardwert ist 1 Zyklus. MIN = 1 Zyklus. MAX ist von der Burst-Periode und Frequenz abhängig (siehe Formel weiter unten). INF spezifiziert ein kontinuierliches Burst-Signal. Der Abfragebefehl `:NCYC?` liefert die spezifizierte Anzahl von Zyklen (1 bis 50 000 oder „9.9E+37" für „infinite") zurück.

- Falls die Triggerquelle *Immediate* gewählt wurde (Befehl `TRIG:SOUR IMM`), muss die Burst-Anzahl kleiner als das Produkt aus maximaler Burst-Periode und Signalfrequenz sein:

  Burst-Anzahl < Maximale Burst-Periode X Signalfrequenz

- Falls diese Bedingung nicht erfüllt ist, vergrößert der Funktionsgenerator die Burst-Periode automatisch bis zum Maximalwert. (Die Signalfrequenz bleibt dabei *unverändert*). *Es wird die Fehlermeldung „Settings conflict" generiert, und die Burst-Periode wird wie beschrieben abgeändert.*

- Für Sinus- und Rechtecksignale sind Frequenzen oberhalb von 6 MHz nur in der Betriebsart „infinite burst count" zulässig.

- In der Burst-Betriebsart *Gated* ist die spezifizierte Burst-Anzahl ohne Bedeutung. Wenn Sie jedoch die Burst-Anzahl ändern, während der Funktionsgenerator sich in der Burst-Betriebsart „Gated" befindet, behält der Funktionsgenerator die neue Burst-Anzahl „im Gedächtnis" und verwendet nach dem Umschalten in die Betriebsart „Triggered" diesen Wert.

BURSt:INTernal:PERiod {<*Sekunden*>|**MINimum**|**MAXimum**}
BURSt:INTernal:PERiod? [**MINimum**|**MAXimum**]

Dieser Befehl spezifiziert die Burst-Periode für intern getriggerte Bursts. Die Burst-Periode ist das Zeitintervall zwischen dem Anfang eines Bursts und dem Anfang des nächsten Bursts. Spezifizieren Sie einen Wert zwischen 1 µs und 500 Sekunden. Der Standardwert ist 10 ms. MAX = 500 s. MIN ist von der Burst-Anzahl und der Signalfrequenz abhängig (siehe Formel weiter unten). Der Abfragebefehl `:PER?` liefert die Burst-Periode in Sekunden zurück.

- Die Burst-Perioden-Einstellung ist nur von Bedeutung, wenn die Triggerquelle *Immediate* gewählt wurde (Befehl `TRIG:SOUR IMM`). Bei manueller oder externer Triggerung (oder in der Burst-Betriebsart *Gated*) ist die Burst-Periode ohne Bedeutung.
- Es ist *nicht* möglich, eine Burst-Periode zu spezifizieren, die so kurz ist, dass die spezifizierte Anzahl von Bursts mit der spezifizierten Frequenz nicht ausgegeben werden kann (siehe untenstehende Formel). Falls Sie versuchen, eine zu kurze Burst-Periode zu spezifizieren, wird sie automatisch auf einen geeigneten Wert abgeändert. *Es wird die Fehlermeldung „Data out of range" generiert, und die Burst-Periode wird automatisch wie beschrieben abgeändert.*

$$\text{Burst-Periode} > \frac{\text{Burst-Anzahl}}{\text{Signalfrequenz}} + 200\ \text{ns}$$

`BURSt:PHASe` {<*Winkel*>|**`MINimum`**|**`MAXimum`**}
`BURSt:PHASe?` [**`MINimum`**|**`MAXimum`**]

Dieser Befehl spezifiziert die Start-Phase für den Burst in Grad oder rad (je nachdem, welche Einheit zuvor mit dem Befehl `UNIT:ANGL` spezifiziert wurde). Spezifizieren Sie einen Wert zwischen -360 Grad und +360 Grad oder -2 π bis +2 π rad. Der Standardwert ist 0 Grad (0 rad). MIN = -360 Grad (-2π rad). MAX = +360 Grad (+2 π). Der Abfragebefehl `:PHAS?` liefert die Start-Phase in Grad bzw. rad zurück.

- Bei den Signalformen „Sine", „Square" und „Ramp" entspricht 0 Grad dem Punkt, an dem das Signal die Nulllinie (bzw. die Offsetspannungslinie) von unten nach oben schneidet. Bei Ausgangssignalen entspricht 0 Grad dem ersten in den Signalspeicher heruntergeladenen Signalpunkt. Bei den Signalformen „Pulse" und „Noise" ist die Burst-Phase ohne Bedeutung.
- Die Burst-Phase ist auch in der Burst-Betriebsart *Gated* signifikant. Wenn das Torsignal in den *FALSE*-Zustand übergeht, wird der aktuelle Signalzyklus noch zu Ende geführt; anschließend wird die Signalausgabe gestoppt. Die Ausgangsspannung verbleibt auf dem der Burst-Start-Phase entsprechenden Wert.

`BURSt:STATe` {**`OFF`**|**`ON`**}
`BURSt:STATe?`

Dieser Befehl deaktiviert oder aktiviert die Burst-Betriebsart. Um ein mehrmaliges Umschalten der Signalform zu vermeiden, sollten Sie die Burst-Betriebsart erst *nach* dem Konfigurieren der übrigen Burst-

Parameter aktivieren. Die Standardeinstellung ist OFF. Der Abfragebefehl `:STAT?` liefert den Wert „0“ (OFF) oder „1“ (ON) zurück.

- Die Burst-Betriebsart kann nicht mit der Wobbelbetriebsart oder einer Modulationsbetriebsart kombiniert werden. Wenn Sie die Burst-Betriebsart wählen, wird die Wobbelbetriebsart oder eine Modulationsbetriebsart gegebenenfalls automatisch deaktiviert.

`UNIT:ANGLe {DEGree|RADian}`
`UNIT:ANGLe?`

Dieser Befehl spezifiziert die Einheit (Grad oder rad) für die mit dem Befehl `BURS:PHAS` zu spezifizierende Start-Phase für den Burst (nur im Fernsteuerungsbetrieb verfügbar). Die Standard-Einheit ist DEG.
Der Abfragebefehl `:ANGL?` liefert den Wert „DEG“ oder „RAD“ zurück.

- Im Display wird die Start-Phase stets in Grad angezeigt (die Einheit rad ist nicht verfügbar). Wenn Sie die Start-Phase über die Fernsteuerungsschnittstelle spezifizieren und dann auf manuelle Bedienung umschalten, wird der Start-Phasenwert automatisch in Grad umgerechnet.

`TRIGger:SOURce {IMMediate|EXTernal|BUS}`
`TRIGger:SOURce?`

Dieser Befehl wählt die Triggerquelle für die Burst-Betriebsart *Triggered*. In der Burst-Betriebsart „Triggered“ gibt der Signalgenerator nach dem Empfang eines Triggers einen Burst mit der spezifizierten Anzahl von Zyklen (*Burst count*) aus. Danach wartet der Signalgenerator auf den nächsten Trigger. Die Standardeinstellung ist IMM. Der Abfragebefehl `:SOUR?` liefert den Wert „IMM“, „EXT“ oder „BUS“ zurück.

- Wenn die Triggerquelle *Immediate* (intern) gewählt wurde, wird die Frequenz, mit welcher der Burst ausgegeben wird, durch die *Burst-Periode* (Befehl `BURS:INT:PER`) bestimmt.
- Wenn Sie die Wobbel-Triggerquelle *External* wählen, wartet der Funktionsgenerator auf ein Triggersignal über den rückseitigen Eingang *Trig In*. Der Funktionsgenerator gibt jedesmal, wenn er über den Eingang *Trig In* eine TTL-Flanke mit der spezifizierten Polarität (Befehl `TRIG:SLOP`, siehe Seite 245) empfängt, die spezifizierte Anzahl von Zyklen aus. Externe Trigger, die während eines Bursts empfangen werden, werden ignoriert.

- Wenn die Triggerquelle *Bus* (Software) gewählt wurde, gibt der Funktionsgenerator jedesmal, wenn er einen Bus-Trigger-Befehl empfängt, einen einzelnen Burst aus. Mit dem Befehl `*TRG` (Trigger) können Sie den Funktionsgenerator über die Fernsteuerungsschnittstelle (GPIB, USB oder LAN) triggern. Wenn der Funktionsgenerator auf einen Bus-Trigger wartet, leuchtet die Taste Trigger.
- Wenn die Triggerquelle *External* oder *Bus* gewählt wurde, sind die Parameter *Burst count* und *Burst phase* wirksam, aber der Parameter *Burst period* wird ignoriert.
- Der Befehl `APPLy` wählt automatisch die Triggerquelle *Immediate* (äquivalent zum Befehl `TRIG:SOUR IMM`).
- Wenn die Triggerquelle *Bus* gewählt wurde, können Sie durch Senden des Befehls `*WAI` (Wait) die Synchronisation gewährleisten. Nach Empfang des Befehls `*WAI` wartet der Funktionsgenerator mit der Ausführung weiterer Befehle so lange, bis alle in Gang befindlichen Operationen ausgeführt sind. Beispiel: Der folgende Befehlsstring gewährleistet, dass der erste Trigger akzeptiert und die Operation ausgeführt wird, bevor der zweite Trigger erkannt wird.

  ```
  TRIG:SOUR BUS;*TRG;*WAI;*TRG;*WAI
  ```

- Mit dem Abfragebefehl `*OPC?` (Operation Complete Query) oder `*OPC` (Operation Complete) können Sie signalisieren, wann ein Burst abgeschlossen ist. Der Abfragebefehl `*OPC?` bewirkt, dass nach Abschluss des Bursts der Wert „1“ in den Ausgangspuffer geschrieben wird. Der Befehl `*OPC` setzt nach Abschluss des Wobbelzyklus das Bit „Operation Complete“ (Bit 0) im Standard-Ereignisregister.

`TRIGger:SLOPe {POSitive|NEGative}`
`TRIGger:SLOPe?`

Dieser Befehl spezifiziert, auf welche Flanke (positiv oder negativ) des Signals am rückseitigen Eingang *Trig In* der Funktionsgenerator bei externer Burst-Triggerung triggert. Die Standardeinstellung ist POS (positive Flanke, Anstiegsflanke). Der Abfragebefehl `:SLOP?` liefert den Wert „POS“ oder „NEG“ zurück.

`BURSt:GATE:POLarity {NORMal|INVerted}`
`BURSt:GATE:POLarity?`

Dieser Befehl spezifiziert die Logik-Polarität (TRUE = HIGH oder TRUE = LOW) für das Torsignal am rückseitigen Anschluss *Trig In* (betrifft die

Betriebsart „externally-gated burst“). Die Standard-Polarität ist NORM (TRUE = HIGH). Der Abfragebefehl `:POL?` liefert den Wert „NORM“ oder „INV“ zurück.

`OUTPut:TRIGger:SLOPe {POSitive|NEGative}`
`OUTPut:TRIGger:SLOPe?`

Dieser Befehl wählt die Flankenpolarität (positiv oder negativ) für das Signal am rückseitigen Ausgang „Trigger out“. Wenn der rückseitige Ausgang *Trig Out* mit dem Befehl `OUTP:TRIG` (siehe weiter unten) aktiviert wurde, gibt der Funktionsgenerator am Anfang eines jeden Bursts über diesen Ausgang eine TTL-Flanke mit der spezifizierten Polarität aus. „POS“ wählt positive Flankenpolarität (Anstiegsflanke); „NEG“ wählt negative Flankenpolarität (Abfallflanke). Die Standardeinstellung ist POS. Der Abfragebefehl `:SLOP?` liefert den Wert „POS“ oder „NEG“ zurück.

- Wenn die Triggerquelle *Immediate* (interne Triggerung) gewählt wurde (Befehl `TRIG:SOUR IMM`), gibt der Funktionsgenerator über den Anschluss *Trig Out* ein Rechtecksignal mit einem Tastverhältnis von 50 % aus. Die Periode dieses Signals ist gleich der (mit dem Befehl `BURS:INT:PER`) spezifizierten Burst-Periode.
- Wenn die Triggerquelle *External* (Befehl `TRIG:SOUR EXT`) ***oder*** die Betriebsart *Gated* (Befehl `BURS:MODE GAT`) gewählt wird, deaktiviert der Funktionsgenerator automatisch das „Trigger out“-Signal. In diesem Fall dient der rückseitige Anschluss *Trig In/Out*zur Triggerung des Bursts durch ein externes Signal.
- Wenn die Triggerquelle *Bus* (Software) gewählt wurde (Befehl `TRIG:SOUR BUS`), gibt der Funktionsgenerator am Anfang eines jeden Bursts über den Anschluss *Trig Out* einen Puls mit einer Breite >1 µs aus.

`OUTPut:TRIGger {OFF|ON}`
`OUTPut:TRIGger?`

Dieser Befehl deaktiviert oder aktiviert das „Trigger out“-Signal (wird nur in Verbindung mit den Burst- und Wobbelbetriebsarten verwendet). Wenn der rückseitige Ausgang *Trig Out* aktiviert wurde, gibt der Funktionsgenerator am Anfang eines jeden Bursts über diesen Ausgang eine TTL-Flanke mit der spezifizierten Polarität (Befehl `OUTP:TRIG:SLOP`) aus. Die Standardeinstellung ist OFF. Der Abfragebefehl `:TRIG?` liefert den Wert „0“ (OFF) oder „1“ (ON) zurück.

Triggerbefehle

Die nachfolgend beschriebenen Befehle betreffen nur die Wobbel- und Burst-Betriebsarten. Siehe auch „Triggerung“, beginnend auf Seite 123 in Kapitel 3.

`TRIGger:SOURce {IMMediate|EXTernal|BUS}`
`TRIGger:SOURce?`

Dieser Befehl wählt die Triggerquelle. Der Funktionsgenerator akzeptiert einen sofortigen internen Trigger, einen Hardware-Trigger über den rückseitigen Eingang *Trig In* oder einen Software- (Bus-) Trigger. Die Standardeinstellung ist IMM. Der Abfragebefehl `:SOUR?` liefert den Wert „IMM“, „EXT“ oder „BUS“ zurück.

- Wenn die Triggerquelle *Immediate* (intern) gewählt wurde, gibt der Funktionsgenerator ein kontinuierliches Signal aus, wenn die Wobbel- oder Burst-Betriebsart aktiviert wird.
- Wenn Sie die Wobbel-Triggerquelle *External* wählen, wartet der Funktionsgenerator auf ein Triggersignal über den rückseitigen Eingang *Trig In*. Der Funktionsgenerator gibt jedesmal, wenn er über den Eingang *Trig In* eine TTL-Flanke mit der durch den Befehl `TRIG:SLOP` (siehe Seite 248) spezifizierten Position empfängt, einen Wobbelzyklus oder Burst aus.
- Wenn die Triggerquelle *Bus* (Software) gewählt wurde, gibt der Funktionsgenerator jedesmal, wenn er einen Bus-Trigger-Befehl empfängt, einen Wobbelzyklus oder Burst aus. Wenn der Funktionsgenerator sich in der Triggerbetriebsart *Bus* befindet, können Sie ihn triggern, indem Sie den Befehl `*TRG` über die Fernsteuerungsschnittstelle (GPIB, USB oder LAN) senden. Wenn der Funktionsgenerator auf einen Bus-Trigger wartet, leuchtet die Taste (Trigger).
- Der Befehl `APPLy` wählt automatisch die Triggerquelle *Immediate* (äquivalent zum Befehl `TRIG:SOUR IMM`).
- Wenn die Triggerquelle *Bus* gewählt wurde, können Sie durch Senden des Befehls `*WAI` (Wait) die Synchronisation gewährleisten. Nach Empfang des Befehls `*WAI` wartet der Funktionsgenerator mit der Ausführung weiterer Befehle so lange, bis alle in Gang befindlichen Operationen ausgeführt sind. Beispiel: Der folgende Befehls-

string gewährleistet, dass der erste Trigger akzeptiert und die Operation ausgeführt wird, bevor der zweite Trigger erkannt wird.

```
TRIG:SOUR BUS;*TRG;*WAI;*TRG;*WAI
```

- Mit dem Abfragebefehl `*OPC?` (Operation Complete Query) oder `*OPC` (Operation Complete) können Sie signalisieren, wann ein Wobbelzyklus oder Burst abgeschlossen ist. Der Abfragebefehl `*OPC?` bewirkt, dass nach Abschluss des Wobbelzyklus oder Bursts der Wert „1“ in den Ausgangspuffer geschrieben wird. Der Befehl `*OPC` setzt nach Abschluss des Wobbelzyklus oder Bursts das Bit „Operation Complete“ (Bit 0) im Standard-Ereignisregister.

`TRIGger`

Dieser Befehl löst einen Wobbelzyklus oder Burst aus. Er wird unabhängig davon ausgeführt, welche Triggerquelle mit dem Befehl `TRIG:SOUR` gewählt wurde. So können Sie beispielsweise durch `TRIG` eine sofortige Triggerung auslösen, während der Funktionsgenerator auf einen externen Trigger wartet.

`*TRG`

Dieser Befehl löst *nur dann* einen Wobbelzyklus oder Burst aus, wenn die Triggerquelle „Bus“ (Software) gewählt wurde (Befehl `TRIG:SOUR BUS`).

`TRIGger:SLOPe {POSitive|NEGative}`
`TRIGger:SLOPe?`

Dieser Befehl spezifiziert, auf welche Flanke (positiv oder negativ) des Signals am rückseitigen Eingang *Trig In* der Funktionsgenerator triggert. Die Standardeinstellung ist POS (positive Flanke, Anstiegsflanke). Der Abfragebefehl `:SLOP?` liefert den Wert „POS“ oder „NEG“ zurück.

`BURSt:GATE:POLarity {NORMal|INVerted}`
`BURSt:GATE:POLarity?`

Dieser Befehl spezifiziert die Logik-Polarität (TRUE = HIGH oder TRUE = LOW) für das Torsignal am rückseitigen Anschluss *Trig In* (betrifft die Betriebsart „externally-gated burst“). Die Standard-Polarität ist NORM (TRUE = HIGH). Der Abfragebefehl `:POL?` liefert den Wert „NORM“ oder „INV“ zurück.

OUTPut:TRIGger:SLOPe {POSitive|NEGative}
OUTPut:TRIGger:SLOPe?

Dieser Befehl wählt die Flankenpolarität (positiv oder negativ) für das Signal am rückseitigen Ausgang „Trigger out“. Wenn der rückseitige Anschluss *Trig Out* mit dem Befehl `OUTP:TRIG` (siehe weiter unten) aktiviert wurde, gibt der Funktionsgenerator am Anfang eines jeden Wobbelzyklus oder Bursts über diesen Anschluss eine TTL-Flanke mit der spezifizierten Polarität aus. „POS“ wählt positive Flankenpolarität (Anstiegsflanke); „NEG“ wählt negative Flankenpolarität (Abfallflanke). Die Standardeinstellung ist POS. Der Abfragebefehl `:SLOP?` liefert den Wert „POS“ oder „NEG“ zurück.

- Wenn die Triggerquelle *Immediate* (interne Triggerung) gewählt wurde (Befehl `TRIG:SOUR IMM`), gibt der Funktionsgenerator über den Anschluss *Trig Out* ein Rechtecksignal mit einem Tastverhältnis von 50 % aus. Die Periode dieses Signals ist gleich der spezifizierten Wobbelzeit (Befehl `SWE:TIME`) oder Burst-Periode (Befehl `BURS:INT:PER`) ***plus*** 1 ms.
- Wenn die Triggerquelle *External* gewählt wird (Befehl `TRIG:SOUR EXT`), wird das „Trigger out“-Signal automatisch deaktiviert. In diesem Fall dient der rückseitige Anschluss *Trig In/Out*zur Triggerung des Wobbelzyklus oder Bursts durch ein externes Signal.
- Wenn die Triggerquelle *Bus* (Software) gewählt wurde (Befehl `TRIG:SOUR BUS`), gibt der Funktionsgenerator am Anfang des Wobbelzyklus oder Bursts über den Anschluss *Trig Out* einen Puls mit einer Breite >1 µs aus.

OUTPut:TRIGger {OFF|ON}
OUTPut:TRIGger?

Dieser Befehl deaktiviert oder aktiviert das „Trigger out“-Signal (wird nur in Verbindung mit den Burst- und Wobbelbetriebsarten verwendet). Wenn der rückseitige Ausgang *Trig Out* aktiviert wurde, gibt der Funktionsgenerator am Anfang eines jeden Wobbelzyklus oder Bursts über diesen Ausgang eine TTL-Flanke mit der spezifizierten Polarität (Befehl `OUTP:TRIG:SLOP`) aus. Die Standardeinstellung ist OFF. Der Abfragebefehl `:TRIG?` liefert den Wert „0“ (OFF) oder „1“ (ON) zurück.

Arbiträrsignal-Befehle

Siehe auch „Arbiträrsignale“, beginnend auf Seite 129 in Kapitel 3.

Überblick über die Arbiträrsignale-Befehle

Es folgt ein Überblick über die zum Konfigurieren von Arbiträrsignalen erforderlichen Schritte. Auf Seite 251 werden die zugehörigen Befehle beschrieben. *Informationen über das Herunterladen und Ausgeben von Arbiträrsignalen siehe Kapitel 7, „Tutorial“.*

Hinweis: *Sie können Signale mit bis zu 65 536 (64 K) Datenpunkten von Ihrem PC in den Funktionsgenerator Agilent 33220A laden. Signale mit mehr als 16 384 (16 K) Datenpunkten können jedoch nicht über die Frontplatte des Agilent 33220A bearbeitet werden.*

Unter „Anwendungsprogramme“ (Kapitel 6) finden Sie ein Programmbeispiel für das Laden eines Arbiträrsignals in den Funktionsgenerator Agilent 33220A.

1 Laden Sie die Signalpunkte in den flüchtigen Speicher herunter.

Sie können Signale mit einer Länge zwischen einem Punkt (= DC-Signal) und 65536 (64 K) Punkten herunterladen. Sie können die Signalpunkte als Gleitkommawerte, binäre Integer-Werte oder dezimale Integer-Werte herunterladen. Der Befehl `DATA` lädt Signalpunkte im Gleitkommaformat (Wertebereich -1.0 bis +1.0) herunter. Der Befehl `DATA:DAC` lädt Signalpunkte im binären oder dezimalen Integer-Format (Wertebereich -8191 bis +8191) herunter.

Um sicherzustellen, dass die Binärdaten korrekt heruntergeladen werden, müssen Sie die Byte-Reihenfolge mit dem Befehl `FORM:BORD` *spezifizieren.*

2 Spezifizieren Sie die Frequenz, die Amplitude und die Offsetspannung des Signals.

Wählen Sie mit dem Befehl `APPLy` oder den Low-Level-Befehlen `FREQ`, `VOLT` und `VOLT:OFFS` die Frequenz, Amplitude und Offsetspannung des Signals.

3 Kopieren Sie das Arbiträrsignal in den nichtflüchtigen Speicher.

Sie können das Arbiträrsignal direkt aus dem flüchtigen Speicher heraus ausgeben oder es mit dem Befehl `DATA:COPY` in den nichtflüchtigen Speicher kopieren.

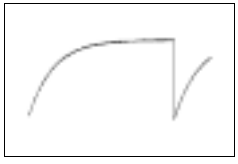
4 Wählen Sie das auszugebende Arbiträrsignal.

Sie können eines der fünf internen Arbiträrsignale, eines von vier benutzerdefinierten Arbiträrsignalen oder das im flüchtigen Speicher enthaltene Arbiträrsignal wählen. Wählen Sie das gewählte Arbiträrsignal mit dem Befehl `FUNC:USER`.

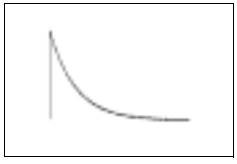
5 Starten Sie die Ausgabe des gewählten Arbiträrsignals.

Starten Sie mit dem Befehl `FUNC USER` die Ausgabe des mit dem Befehl `FUNC:USER` gewählten Arbiträrsignals.

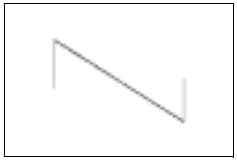
Die nachfolgende Abbildung zeigt die fünf internen Arbiträrsignale.



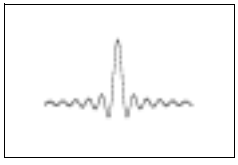
Exponentieller Anstieg



Exponentieller Abfall



Negativer Sägezahn



Sinc

EKG

Arbiträrsignal-Befehle

`DATA VOLATILE,` <*Wert*>**`,`** <*Wert*>**`, . . .`**

Dieser Befehl lädt Signalpunkte im *Gleitkommaformat* mit Werten von –1 bis +1 in den flüchtigen Speicher. Sie können Signale mit einer Länge zwischen einem Punkt und 65536 (64 K) Punkten herunterladen. Falls weniger Signalpunkte heruntergeladen werden, als der Speicher aufnehmen kann, füllt der Funktionsgenerator den Speicher automatisch mit

zusätzlichen Punkten auf. Wenn *weniger als* 16 384 (16 K) Punkte heruntergeladen werden, wird automatisch ein Signal mit 16 384 Punkten erzeugt. Wenn *mehr als* 16 384 Punkte heruntergeladen werden, wird automatisch ein Signal mit 65 536 Punkten erzeugt.

- Die Werte -1 und +1 entsprechen den *Spitzenwerten* des Signals (falls die Offsetspannung 0 Volt beträgt). Wenn Sie beispielsweise die Amplitude auf 10 Vpp (0 V Offset) einstellen, entspricht der Wert „+1“ einer Spannung von +5 V und der Wert „-1“ einer Spannung von -5 V.
- Der Amplitudenbereich ist eingeschränkt, falls die Signalpunkte nicht den vollen Bereich des Ausgangs-D/A-Wandlers ausnutzen. Beispiel: Das interne Arbiträrsignal „Sinc“ nutzt nicht den vollen Wertebereich (±1) aus; dies schränkt den Amplitudenbereich auf 6.087 Vpp (an 50 Ohm) ein.
- Das Herunterladen von Signalpunkten im Gleitkommaformat (Befehl `DATA VOLATILE`) dauert länger als das Herunterladen von Signalpunkten im Binärformat (Befehl `DATA:DAC VOLATILE`), ist jedoch im Falle von trigonometrischen Funktionen, die Werte im Bereich von -1 bis +1 ergeben, bequemer.
- Der Befehl `DATA` überschreibt das im flüchtigen Speicher enthaltene Signal (ohne dass eine Fehlermeldung erfolgt). Der Befehl `DATA:COPY` kopiert das Signal in den *nichtflüchtigen* Speicher.
- Es können bis zu vier benutzerdefinierte Arbiträrsignale im nichtflüchtigen Speicher abgelegt werden. Der Befehl `DATA:DEL` löscht das im flüchtigen Speicher enthaltene Signal oder eines der vier benutzerdefinierten Signale im nichtflüchtigen Speicher. Der Befehl `DATA:CAT?` listet alle im flüchtigen und im nichtflüchtigen Speicher enthaltenen Signale (sowie die fünf internen Arbiträrsignale) auf.
- Wählen Sie nach dem Herunterladen der Signaldaten in den Speicher mit dem Befehl `FUNC:USER` das auszugebende Signal, und starten Sie dann die Ausgabe mit dem Befehl `FUNC USER`.
- Im folgenden Beispiel lädt der Befehl `DATA` sieben Signalpunkte in den flüchtigen Speicher.

```
DATA VOLATILE, 1, .67, .33, 0, -.33, -.67, -1
```

DATA:DAC VOLATILE,{<*Binärdatenblock*>|<*Wert*>, <*Wert*>, . . .}

Dieser Befehl lädt Signaldaten im *binären* oder *dezimalen* Integer-Format mit Werten zwischen -8191 und +8191 in den flüchtigen Speicher. Sie können Signale mit 1 bis 65 536 (64 K) Punkten im IEEE-488.2 Binärdatenblock-Format oder als Werteliste herunterladen. Der Wertebereich ist gleich dem Eingangswertebereich des internen 14-Bit Digital/Analog-Wandlers. Falls weniger Signalpunkte heruntergeladen werden, als der Speicher aufnehmen kann, füllt der Funktionsgenerator den Speicher automatisch mit zusätzlichen Punkten auf. Wenn *weniger als* 16 384 (16 K) Punkte heruntergeladen werden, wird automatisch ein Signal mit 16 384 Punkten erzeugt. Wenn *mehr als* 16 384 Punkte heruntergeladen werden, wird automatisch ein Signal mit 65 536 Punkten erzeugt.

- Die Werte -8191 und +8191 entsprechen den Spitzenwerten des Signals (falls die Offsetspannung 0 Volt beträgt). Wenn Sie beispielsweise die Amplitude auf 10 Vpp einstellen, entspricht der Wert „+8191“ einer Spannung von +5 V und der Wert „-8191“ einer Spannung von -5 V.
- Der Amplitudenbereich ist eingeschränkt, falls die Signalpunkte nicht den vollen Bereich des Ausgangs-D/A-Wandlers ausnutzen. Beispiel: Das interne Arbiträrsignal „Sinc“ nutzt nicht den vollen Wertebereich (±8 191) aus; dies schränkt den Amplitudenbereich auf 6087 Vpp (an 50 Ohm) ein.
- Der Befehl `DATA:DAC` überschreibt das im flüchtigen Speicher enthaltene Signal (ohne dass eine Fehlermeldung erfolgt). Der Befehl `DATA:COPY` kopiert das Signal in den *nichtflüchtigen* Speicher.
- Es können bis zu vier benutzerdefinierte Arbiträrsignale im nichtflüchtigen Speicher abgelegt werden. Der Befehl `DATA:DEL` löscht das im flüchtigen Speicher enthaltene Signal oder eines der vier benutzerdefinierten Signale im nichtflüchtigen Speicher. Der Befehl `DATA:CAT?` listet alle im flüchtigen und im nichtflüchtigen Speicher enthaltenen Arbiträrsignale (und die fünf internen Arbiträrsignale) auf.
- Wählen Sie nach dem Herunterladen der Signaldaten in den Speicher mit dem Befehl `FUNC:USER` das auszugebende Signal, und starten Sie dann die Ausgabe mit dem Befehl `FUNC USER`.

- In dem folgenden Beispiel lädt der Befehl `DATA:DAC` sieben Integer-Signalpunkte im Binärdatenblock-Format herunter (*siehe auch „IEEE-488.2-Binärdatenblock-Format“ weiter unten*).

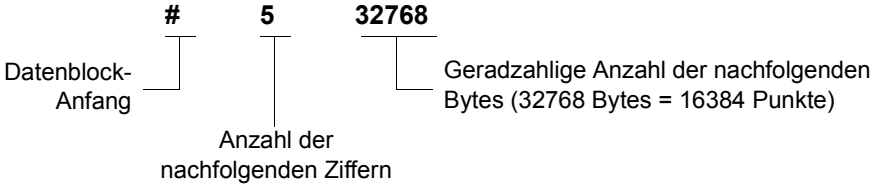
  ```
  DATA:DAC VOLATILE, #214   Binärdaten
  ```

- In dem folgend Beispiel lädt der Befehl `DATA:DAC` fünf Integer-Signalpunkte im Dezimalformat herunter.

  ```
  DATA:DAC VOLATILE, 8191, 4096, 0, -4096, -8191
  ```

IEEE-488.2-Binärdatenblock-Format

Beim Binärdatenblock-Format ist den Signaldaten ein *„Block header“* vorangestellt. Der „Block header“ hat das folgende Format:



Der Funktionsgenerator stellt Binärdaten als 16-Bit-Integer-Werte dar, die als zwei Bytes gesendet werden. Daher ist die **Gesamtzahl der Bytes stets doppelt so groß wie die Anzahl der Datenpunkte des Signals** (und stets eine **gerade Zahl**). Beispiel: Zum Herunterladen eines Signals mit 16 384 Punkten sind 32768 Bytes erforderlich.

Spezifizieren Sie mit dem Befehl FORM:BORD die Byte-Reihenfolge für die Übertragung von Binärdatenblöcken. Wenn Sie FORM:BORD NORM (Standard-Reihenfolge) spezifizieren, interpretiert der Funktionsgenerator das erste Byte eines jeden Datenpunkts als das höchstwertige Byte (MSB, most-significant byte). Wenn Sie FORM:BORD SWAP spezifizieren, interpretiert der Funktionsgenerator das erste Byte eines jeden Datenpunkts als das niedrigstwertige Byte (LSB, least-significant byte). Die meisten Computer verwenden die „Swapped“-Reihenfolge.

FORMat:BORDer {**NORMal**|**SWAPped**}
FORMat:BORDer?

Dieser Befehl wird nur für Binärdatenblock-Übertragung benötigt. Er spezifiziert die Byte-Reihenfolge für Binärdatenblock-Übertragung (Befehl DATA:DAC). Die Standardeinstellung ist NORM. Der Abfragebefehl :BORD? liefert den Wert „NORM“ oder „SWAP“ zurück.

- In der Einstellung *NORM* (Standard-Einstellung) interpretiert der Funktionsgenerator das erste Byte eines jeden Datenpunkts als das höchstwertige Byte (MSB, most-significant byte).
- In der Einstellung *SWAP* interpretiert der Funktionsgenerator das erste Byte eines jeden Datenpunkts als das niedrigstwertige Byte (LSB, least-significant byte). Die meisten Computer verwenden die „Swapped“-Reihenfolge.
- Der Funktionsgenerator stellt Binärdaten als vorzeichenbehaftete 16-Bit-Integer-Werte dar, die als zwei Bytes gesendet werden. Daher erfordert jeder Signaldatenpunkt 16 Bit, die über die 8-Bit-Schnittstelle des Funktionsgenerators als zwei Bytes übertragen werden müssen.

DATA:COPY <*Ziel-Arb-Name*> [**,VOLATILE**]

Dieser Befehl kopiert das Signal aus dem flüchtigen Speicher unter dem spezifizierten Namen in den nichtflüchtigen Speicher. Die Quelle für den Kopiervorgang ist stets „volatile“ (flüchtiger Speicher). Es ist nicht möglich, ***aus*** einer anderen Quelle zu kopieren oder ***in*** das Ziel „volatile“ zu kopieren.

- Der Arb-Name kann bis zu 12 Zeichen enthalten. Das erste Zeichen *muss* ein Buchstabe (A-Z) sein; die übrigen Zeichen können Buchstaben, Ziffern (0-9) oder das Unterstrich-Zeichen („_“) sein. Leerzeichen sind nicht erlaubt. Wenn Sie einen Namen mit mehr als 12 Zeichen spezifizieren, erfolgt die Fehlermeldung „Program mnemonic too long“ (Programmier-Mnemonic zu lang).
- Der Parameter VOLATILE kann weggelassen werden. Beachten Sie, dass es für das Schlüsselwort „VOLATILE“ *keine* Abkürzung gibt.

- Die folgenden Namen für interne Arbiträrsignale sind reserviert und können nicht im Befehl `DATA:COPY` verwendet werden: „EXP_RISE“, „EXP_FALL“, „NEG_RAMP“, „SINC“ und „CARDIAC“. Wenn Sie in diesem Befehl eines der internen Arbiträrsignale spezifizieren, erfolgt die Fehlermeldung „Cannot overwrite a built-in waveform“ (internes Signal kann nicht überschrieben werden).
- Der Funktionsgenerator unterscheidet nicht zwischen Groß- und Kleinbuchstaben. **`ARB_1`** und **`arb_1`** sind daher gleichwertig. Alle Buchstaben werden in Großbuchstaben umgewandelt.
- Wenn Sie für „Ziel-Arb-Name“ einen bereits existierenden Namen spezifizieren, wird das unter diesem Namen gespeicherte Signal überschrieben (ohne dass eine Fehlermeldung erfolgt). Die fünf internen Standard-Arbiträrsignale können nicht überschrieben werden.
- Es können bis zu vier benutzerdefinierte Arbiträrsignale im nichtflüchtigen Speicher abgelegt werden. Wenn der nichtflüchtige Speicher voll ist und Sie versuchen, ein weiteres Signal hinein zu kopieren, erfolgt die Fehlermeldung „Not enough memory“ (nicht genügend Speicher vorhanden). Der Befehl `DATA:DEL` löscht das im flüchtigen Speicher enthaltene Signal oder eines der vier benutzerdefinierten Signale im nichtflüchtigen Speicher. Der Befehl `DATA:CAT?` listet alls im flüchtigen und im nichtflüchtigen Speicher enthaltenen Signale auf.
- In dem folgenden Beispiel kopiert der Befehl `DATA:COPY` das VOLATILE-Signal unter dem Namen „ARB_1“ in den nichtflüchtigen Speicher.

```
DATA:COPY ARB_1, VOLATILE
```

`FUNCtion:USER` {<*Arb-Name*>|**`VOLATILE`**}
`FUNCtion:USER?`

Dieser Befehl wählt eines der fünf internen Arbiträrsignale, eines von vier benutzerdefinierten Arbiträrsignalen oder das im flüchtigen Speicher enthaltene Arbiträrsignal. Der Abfragebefehl `:USER?` liefert einen der Werte „EXP_RISE“, „EXP_FALL“, „NEG_RAMP“, „SINC“, „CARDIAC“, „VOLATILE“ oder den Namen eines benutzerdefinierten, im nichtflüchtigen Speicher enthaltenen Signals zurück.

- Beachten Sie, dass dieser Befehl *nicht* die Ausgabe des gewählten Arbiträrsignals bewirkt. Zur Ausgabe des gewählten Signals müssen Sie den Befehl `FUNC USER` senden (siehe weiter unten).
- Die fünf internen Arbiträrsignale haben folgende Namen: „EXP_RISE“, „EXP_FALL“, „NEG_RAMP“, „SINC“ und „CARDIAC“.
- Wenn Sie das im flüchtigen Speicher enthaltene Signal wählen möchten, spezifizieren Sie den Parameter VOLATILE. Für das Schlüsselwort „VOLATILE“ gibt es *keine* Abkürzung.
- Wenn Sie den Namen eines Signals spezifizieren, das derzeit nicht heruntergeladen ist, erfolgt die Fehlermeldung „Specified arb waveform does not exist“ (spezifiziertes Arbiträrsignal existiert nicht).
- Der Funktionsgenerator unterscheidet nicht zwischen Groß- und Kleinbuchstaben. **`ARB_1`** und **`arb_1`** sind daher gleichwertig. Alle Buchstaben werden in Großbuchstaben umgewandelt.
- Der Befehl `DATA:CAT?` listet folgende Namen auf: die Namen der fünf internen (nichtflüchtigen) Arbiträrsignale; den „VOLATILE“, falls der flüchtige Speicher ein Signal enthält; die Namen der heruntergeladenen benutzerdefinierten (nichtflüchtigen) Signale.

`FUNCtion USER`
`FUNCtion?`

Dieser Befehl Bewirkt die Ausgabe des derzeit gewählten benutzerdefinierten Arbiträrsignals. Bei Ausführung dieses Befehls wird das mit dem Befehl `FUNC:USER` (siehe weiter oben) gewählte Arbiträrsignal ausgegeben. Das gewählte Signal wird unter Verwendung der zuletzt spezifizierten Frequenz-, Amplituden- und Offsetspannungs-Einstellungen ausgegeben. Der Abfragebefehl `:FUNC?` liefert einen der Werte „SIN“, „SQU“, „RAMP“, „PULS“, „NOIS“, „DC“ oder „USER“ zurück.

- Wählen Sie mit dem Befehl `APPLy` oder den Low-Level-Befehlen `FREQ`, `VOLT` und `VOLT:OFFS` die Frequenz, Amplitude und Offsetspannung des Signals.
- Der Amplitudenbereich ist eingeschränkt, falls die Signalpunkte nicht den vollen Bereich des Ausgangs-D/A-Wandlers ausnutzen. Beispiel: Das interne Arbiträrsignal „Sinc“ nutzt nicht den vollen Wertebereich (±1) aus; dies schränkt den Amplitudenbereich auf 6 087 Vpp (an 50 Ohm) ein.

- Wenn Sie ein Arbiträrsignal als *Modulationssignal* („USER“) wählen, wird die Länge des Arbiträrsignals automatisch auf 8 K Punkte begrenzt. Überzählige Signalpunkte werden mittels Dezimierung entfernt.

`DATA:CATalog?`

Dieser Befehl listet die Namen *aller* derzeit verfügbaren Signale auf. Folgende Namen werden aufgelistet: die Namen der fünf internen (nichtflüchtigen) Arbiträrsignale; der Namen „VOLATILE“, falls ein Signal in den nichtflüchtigen Speicher heruntergeladen wurde; die Namen aller im nichtflüchtigen Speicher enthaltenen benutzerdefinierten Signale.

- Die Liste besteht aus einer Folge von in Anführungszeichen eingeschlossenen Strings. Beispiel:

```
"VOLATILE","EXP_RISE","EXP_FALL","NEG_RAMP",
"SINC","CARDIAC","TEST1_ARB","TEST2_ARB"
```

- Der Befehl `DATA:DEL` löscht das im flüchtigen Speicher enthaltene Signal oder eines der benutzerdefinierten Signale im nichtflüchtigen Speicher.

`DATA:NVOLatile:CATalog?`

Dieser Befehl listet die Namen aller in den *nichtflüchtigen* Speicher heruntergeladenen benutzerdefinierten Arbiträrsignale auf. Es werden maximal vier Signalnamen aufgelistet.

- Die Liste besteht aus einer Folge von in Anführungszeichen eingeschlossenen Strings. Beispiel: Falls derzeit keine benutzerdefinierten Arbiträrsignale heruntergeladen sind, liefert der Befehl einen leeren String („ “) zurück.

```
"TEST1_ARB","TEST2_ARB","TEST3_ARB","TEST4_ARB"
```

- Mit dem Befehl `DATA:DEL` können Sie ein beliebiges der im nichtflüchtigen Speicher enthaltenen benutzerdefinierten Arbiträrsignale löschen.

`DATA:NVOLatile:FREE?`

Dieser Abfragebefehl liefert die Anzahl der für benutzerdefinierte Arbiträrsignale verfügbaren nichtflüchtigen Speicherbereiche zurück. Dieser Abfragebefehl liefert die Anzahl der für benutzerdefinierte

Arbiträrsignale verfügbaren nichtflüchtigen Speicherbereiche zurück. Der Befehl liefert einen der folgenden Werte: „0“ (Speicher voll), „1“, „2“, „3“ oder „4“.

`DATA:DELete` <*Arb-Name*>

Dieser Befehl löscht das spezifizierte Arbiträrsignal aus dem Speicher. Sie können das im flüchtigen Speicher enthaltene Signal oder eines der maximal vier im nichtflüchtigen Speicher enthaltenen Signale löschen.

- Es ist nicht möglich, das derzeit ausgegebene Arbiträrsignal zu löschen. Wenn Sie versuchen, dieses Signal zu löschen, erfolgt die Fehlermeldung „Not able to delete the currently selected active arb waveform“ (gewähltes Arbiträrsignal kann nicht gelöscht werden).
- Die fünf internen Standard-Arbiträrsignale können ebenfalls nicht gelöscht werden. Wenn Sie versuchen, eines dieser Signale zu löschen, erfolgt die Fehlermeldung „Not able to delete a built-in arb waveform“ (ein internes Arbiträrsignal kann nicht gelöscht werden).
- Mit dem Befehl `DATA:DEL:ALL` können Sie alle im flüchtigen Speicher enthaltenen Signale und alle im nichtflüchtigen Speicher enthaltenen benutzerdefinierten Signale *gleichzeitig* löschen. Wenn eines dieser Signale derzeit ausgegeben wird, erfolgt die Fehlermeldung „Not able to delete the currently selected active arb waveform“ (das gewählte Arbiträrsignal kann nicht gelöscht werden, weil es ausgegeben wird).

`DATA:DELete:ALL`

Dieser Befehl löscht alle benutzerdefinierten Arbiträrsignale aus dem Speicher. Es werden sowohl das im flüchtigen Speicher enthaltene Signal als auch die im nichtflüchtigen Speicher enthaltenen benutzerdefinierten Signale gelöscht. Die fünf internen Arbiträrsignale werden *nicht* gelöscht.

- Der Doppelpunkt vor dem Parameter `ALL` ist obligatorisch (`DATA:DELete:ALL`).Wenn Sie den Doppelpunkt durch ein Leerzeichen ersetzen, versucht der Funktionsgenerator, ein Arbiträrsignal mit dem Namen „ALL“ zu löschen. Wenn ein solches Signal nicht existiert, erfolgt die Fehlermeldung „Specified arb waveform does not exist“ (spezifiziertes Arbiträrsignal existiert nicht.)
- Mit dem Befehl `DATA:DEL` <*Arb-Name*> können Sie heruntergeladene Signale *einzeln* löschen.

- Es ist nicht möglich, das derzeit ausgegebene Arbiträrsignal zu löschen. Wenn Sie versuchen, dieses Signal zu löschen, erfolgt die Fehlermeldung „Not able to delete the currently selected active arb waveform“ (gewähltes Arbiträrsignal kann nicht gelöscht werden).
- Die fünf internen Standard-Arbiträrsignale können ebenfalls nicht gelöscht werden. Wenn Sie versuchen, eines dieser Signale zu löschen, erfolgt die Fehlermeldung „Not able to delete a built-in arb waveform“ (ein internes Arbiträrsignal kann nicht gelöscht werden).

`DATA:ATTRibute:AVERage?` [<*Arb-Name*>]

Dieser Abfragebefehl liefert den *arithmetischen Mittelwert* aller Datenpunkte des spezifizierten Arbiträrsignals zurück (-1 ≤ *Mittelwert* ≤ +1). Der Standard-*Arb-Name* ist der Name des derzeit aktiven (mit dem Befehl `FUNC:USER` gewählten) Arbiträrsignals.

- Wenn Sie den Namen eines Signals spezifizieren, das derzeit nicht im Speicher enthalten ist, erfolgt die Fehlermeldung „Specified arb waveform does not exist“ (spezifiziertes Arbiträrsignal existiert nicht).

`DATA:ATTRibute:CFACtor?` [<*Arb-Name*>]

Dieser Abfragebefehl liefert den *Scheitelfaktor* aller Datenpunkte des spezifizierten Arbiträrsignals zurück. Der Scheitelfaktor ist das Verhältnis des Spitzenwertes zum Effektivwert des Signals. Der Standard-*Arb-Name* ist der Name des derzeit aktiven (mit dem Befehl `FUNC:USER` gewählten) Arbiträrsignals.

- Wenn Sie den Namen eines Signals spezifizieren, das derzeit nicht im Speicher enthalten ist, erfolgt die Fehlermeldung „Specified arb waveform does not exist“ (spezifiziertes Arbiträrsignal existiert nicht).

`DATA:ATTRibute:POINts?` [<*Arb-Name*>]

Dieser Abfragebefehl liefert die *Anzahl der Punkte* des spezifizierten Arbiträrsignals zurück. Das Abfrageergebnis ist ein Wert zwischen 1 und 65 536. Der Standard-*Arb-Name* ist der Name des derzeit aktiven (mit dem Befehl `FUNC:USER` gewählten) Arbiträrsignals.

- Wenn Sie den Namen eines Signals spezifizieren, das derzeit nicht im Speicher enthalten ist, erfolgt die Fehlermeldung „Specified arb waveform does not exist“ (spezifiziertes Arbiträrsignal existiert nicht).

`DATA:ATTRibute:PTPeak?` [<*Arb-Name*>]

Dieser Abfragebefehl liefert den *Spitze-Spitze-Wert* aller Datenpunkte des spezifizierten Arbiträrsignals zurück. Der Standard-*Arb-Name* ist der Name des derzeit aktiven (mit dem Befehl `FUNC:USER` gewählten) Arbiträrsignals.

- Der Befehl liefert einen Wert zwischen „0“ und „+1.0“, wobei „+1.0“ der maximal möglichen Amplitude entspricht.
- Der Amplitudenbereich ist eingeschränkt, falls die Signalpunkte nicht den vollen Bereich des Ausgangs-D/A-Wandlers ausnutzen. Beispiel: Das interne Arbiträrsignal „Sinc“ nutzt nicht den vollen Wertebereich (±1) aus; dies schränkt den Amplitudenbereich auf 6087 Vpp (an 50 Ohm) ein.
- Wenn Sie den Namen eines Signals spezifizieren, das derzeit nicht im Speicher enthalten ist, erfolgt die Fehlermeldung „Specified arb waveform does not exist“ (spezifiziertes Arbiträrsignal existiert nicht).

Befehle zum Abspeichern/ Zurückrufen von Gerätezuständen

Der Funktionsgenerator besitzt fünf nichtflüchtige Register zum Speichern von Gerätezuständen. Diese Register sind von 0 bis 4 nummeriert. Beim Ausschalten des Funktionsgenerators wird der aktuelle Gerätezustand automatisch in das Register „0“ abgespeichert. In der manuellen Betriebsart können Sie den Registern „1“ bis „4“ benutzerdefinierte Namen zuordnen.

`*SAV {0|1|2|3|4}`

Dieser Befehl speichert den aktuellen Gerätezustand in das spezifizierte nichtflüchtige Speicherregister. Falls dieses Register bereits einen Gerätezustand enthält, wird dieser überschrieben (ohne dass eine Fehlermeldung erfolgt).

- Sie können den aktuellen Gerätezustand in jedes beliebige der fünf Speicherregister abspeichern. Sie können jedoch einen Gerätezustand nur aus einem solchen Register zurückrufen, in das zuvor ein Gerätezustand abgespeichert wurde.
- *Über die Fernsteuerungsschnittstelle* (aber nicht in der manuellen Betriebsart) können Sie zusätzlich einen fünften Gerätezustand in das Register „0“ abspeichern. Dabei müssen Sie jedoch beachten, dass das Register „0“ beim Ausschalten des Gerätes durch den dann aktuellen Zustand überschrieben wird.
- Ein gespeicherter Gerätezustand beinhaltet folgende Informationen: Ausgangsfunktion (einschließlich dem gewählten Arbiträrsignal), Frequenz, Amplitude, DC-Offsetspannung, Tastverhältnis, Symmetrieverhältnis und Modulationsparameter.
- Wenn Sie nach dem Abspeichern des Gerätezustands ein Arbiträrsignal aus dem nichtflüchtigen Speicher löschen, gehen die Signaldaten verloren, und der Funktionsgenerator gibt bei einem späteren Zurückrufen des Gerätezustands das Signal *nicht* aus. Statt des gelöschten Signals wird das interne Arbiträrsignal „exponential rise“ ausgegeben.

- Beim Ausschalten des Gerätes wird der aktuelle Zustand automatisch in das Register „0“ abgespeichert. Sie können den Funktionsgenerator so konfigurieren, dass dieser Zustand beim Einschalten des Gerätes automatisch wiederhergestellt wird. *Weitere Informationen siehe unter* `MEM:STAT:REC:AUTO` *auf Seite 264.*
- Beim Abspeichern des Gerätezustands wird auch der aktuelle Display-Zustand (Befehl `DISP`) abgespeichert. Wenn Sie den Gerätezustand zurückrufen, wird auch der Display-Zustand wiederhergestellt.
- Ein Reset (Befehl `*RST`) beeinflusst die gespeicherten Gerätezustände *nicht*. Ein gespeicherter Zustand bleibt so lange erhalten, bis er von einem anderen Gerätezustand überschrieben oder explizit gelöscht wird.

`*RCL {0|1|2|3|4}`

Dieser Befehl ruft den im spezifizierten Speicherregister enthaltenen Gerätezustand zurück. Es ist nicht möglich, einen Gerätezustand aus einem leeren Speicherregister zurückzurufen.

- Im Auslieferungszustand des Gerätes sind die Register „1“ bis „4“ leer. (Das Register „0“ enthält den Gerätezustand zum Zeitpunkt des Ausschaltens).
- Über die *Fernsteuerungsschnittstelle* (aber nicht in der manuellen Betriebsart) können Sie zusätzlich einen fünften Gerätezustand in das Register „0“ abspeichern. Dabei müssen Sie jedoch beachten, dass das Register „0“ beim Ausschalten des Gerätes durch den dann aktuellen Zustand überschrieben wird.

`MEMory:STATe:NAME {0|1|2|3|4} [,`<*Name*>**`]`**
`MEMory:STATe:NAME? {0|1|2|3|4}`

Dieser Befehl ordnet dem spezifizierten Speicherregister den spezifizierten Namen zu. Die Zuordnung von Namen kann sowohl in der manuellen Betriebsart als auch über die Fernsteuerungsschnittstelle erfolgen. Allerdings ist es nur in der manuellen Betriebsart möglich, gespeicherte Gerätezustände unter ihrem Namen zurückzurufen. (Der Befehl `*RCL` erfordert einen numerischen Parameter). Der Abfragebefehl `:NAME?` liefert den Namen des spezifizierten Speicherregisters in Form eines in Anführungszeichen eingeschlossenen Strings zurück. Wenn dem spezifizierten Speicherregister kein benutzerdefinierter Name zugeordnet wurde, wird dessen Standardname zurückgeliefert („AUTO_RECALL“, „STATE_1“, „STATE_2“, „STATE_3“, or „STATE_4“).

- Der benutzerdefinierte Name kann bis zu 12 Zeichen enthalten. Das erste Zeichen *muss ein Buchstabe (A-Z) sein;* die übrigen Zeichen können Buchstaben, Ziffern (0-9) oder das Unterstrich-Zeichen („_“) sein. Leerzeichen sind nicht erlaubt. Wenn Sie einen Namen mit mehr als 12 Zeichen spezifizieren, erfolgt eine Fehlermeldung. Beispiel:

  ```
  MEM:STATE:NAME 1,TEST_WFORM_1
  ```

- Es ist nicht möglich, dem Speicherregister „0“ über die Frontplatte einen benutzerdefinierten Namen zuzuordnen.

- Wenn Sie keinen Namen spezifizieren (beachten Sie, dass der Parameter *Name* optional ist), wird dem betreffenden Gerätezustand der Standardname zugeordnet. Auf diese Weise können Sie einen Namen löschen (der betreffende Gerätezustand bleibt dabei *erhalten*).

- Beachten Sie, dass der Funktionsgenerator Sie *nicht* daran hindert, mehreren Registern den *gleichen* benutzerdefinierten Namen zuzuordnen. Beispielsweise können Sie den Registern „1“ und „2“ den gleichen Namen zuordnen.

`MEMory:STATe:DELete {0|1|2|3|4}`

Dieser Befehl löscht den Inhalt des spezifizierten Speicherregisters. Wenn Sie dem spezifizierten Speicherregister einen benutzerdefinierten Namen zugeordnet haben (Befehl `MEM:STAT:NAME`), überschreibt dieser Befehl außerdem den benutzerdefinierten Namen durch den Standardnamen („AUTO_RECALL“, „STATE_1“, „STATE_2“ usw.). Beachten Sie, dass es nicht möglich ist, einen Gerätezustand aus einem leeren Speicherregister zurückzurufen. Wenn Sie versuchen, einen gelöschten Gerätezustand zurückzurufen, erfolgt eine Fehlermeldung.

`MEMory:STATe:RECall:AUTO {OFF|ON}`
`MEMory:STATe:RECall:AUTO?`

Mit diesem Befehl können Sie wählen, ob beim Einschalten des Funktionsgenerators automatisch der im Speicherregister „0“ gespeicherte Ausschalt-Zustand wiederhergestellt wird oder nicht. Wenn Sie „ON“ wählen, wird beim Einschalten des Gerätes automatisch der Ausschalt-Zustand wiederhergestellt. Wenn Sie „OFF“ (Standardwert) wählen, wird beim Einschalten des Gerätes ein Reset (Befehl `*RST`) durchgeführt und der Gerätezustand „0“ nicht automatisch wiederhergestellt. Der Abfragebefehl `:AUTO?` liefert den Wert „0“ (OFF) oder „1“ (ON) zurück.

`MEMory:STATe:VALid? {0|1|2|3|4}`

Dieser Abfragebefehl ermittelt, ob das spezifizierte Speicherregister einen gültigen Gerätezustand enthält. Sie können diesen Befehl dazu verwenden, um vor dem Senden des Befehls `*RCL` zu ermitteln, in dem betreffenden Speicherregister ein Gerätezustand abgelegt wurde. Der Befehl liefert den Wert „0“ zurück, falls kein Gerätezustand in das Speicherregister abgespeichert wurde oder ein dort abgelegter Gerätezustand gelöscht wurde. Falls das Speicherregister einen gültigen Gerätezustand enthält, liefert der Befehl den Wert „1“ zurück.

`MEMory:STATe:CATalog?`

Dieser Befehl liefert die Namen zurück, die den Speicherregistern 0 - 4 zugewiesen sind. Wenn keine benutzerdefinierten Namen zugewiesen worden sind, liefert dieser Abfragbefehl die Werkseinstellungen zurück: „AUTO_RECALL“„STATE_1“„STATE_2“„STATE_3“„STATE_4“.

Dieser Befehl liefert den Namen der Werkseinstellung für das Register 0 („AUTO_RECALL“) zurück, bis ein neuer Name festgelegt worden ist. Obwohl ein Name für Register 0 festgelegt werden kann, wird der Name überschrieben, wenn das Gerät aus- und wiedereingeschaltet wird und ein neuer Ausschalt-Zustand in diesen Register gespeichert wird.

`MEMory:NSTates?`

Dieser Abfragebefehl ermittelt die Gesamtzahl der zum Speichern von Gerätezuständen verfügbaren Speicherregister. Der Befehl liefert stets den Wert „5“ zurück (das Speicherregister „0“ wird mitgezählt).

Systembefehle

Siehe auch „Übergeordnete Systemfunktionen“, beginnend auf Seite 136 in Kapitel 3.

SYSTem:ERRor?

Dieser Abfragebefehl liest und entfernt eine Fehlermeldung aus der *Fehlerwarteschlange*. Die Fehlerwarteschlange kann bis zu 20 Befehlssyntax- oder Hardware-Fehlermeldungen aufnehmen. *Eine vollständige Liste der möglichen Fehlermeldungen finden Sie in Kapitel 5.*

- Den Inhalt der Fehlerwarteschlange können Sie abfragen. Bei der Fehlerwarteschlange handelt es sich um einen FIFO- (First-in-first-out) Speicher. Das bedeutet, dass die erste eingespeicherte Fehlermeldung auch als erste ausgegeben wird. Beim Abfragen der Fehlermeldungen werden diese aus der Fehlerwarteschlange gelöscht. Bei jedem Fehler piept der Funktionsgenerator einmal (es sei denn, Sie haben das akustische Signal mit dem Befehl `SYST:BEEP:STAT` deaktiviert).
- Wenn mehr als 20 Fehler aufgetreten sind, wird die als letzte gespeicherte Fehlermeldung (über den zuletzt aufgetretenen Fehler) durch die Meldung „*Queue overflow*“ (FIFO-Speicher-Überlauf) ersetzt. Ab diesem Zeitpunkt werden so lange keine weiteren Fehlermeldungen mehr abgespeichert, bis Sie gespeicherte Fehlermeldungen abfragen und dadurch aus der Fehlerwarteschlange löschen. Falls die Fehlerwarteschlange beim Auslesen keine Fehlermeldungen enthält, erfolgt die Meldung „*No error*“ (kein Fehler).
- Die Fehlerwarteschlange wird durch den Befehl `*CLS` (Clear Status) sowie beim Aus- und Wiedereinschalten des Gerätes gelöscht. Auch durch das Auslesen von Fehlermeldungen werden diese aus der Fehlerwarteschlange gelöscht. Durch einen Reset (Befehl `*RST`) wird die Fehlerwarteschlange *nicht* gelöscht.
- Fehlermeldungen haben das folgende Format (der Fehlerstring kann bis zu 255 Zeichen enthalten):

```
-113,"Undefined header"
```

***IDN?**

Dieser Befehl liest den Identifikationsstring des Funktionsgenerators ein. Der Identifikationsstring besteht aus vier durch Kommas getrennten Feldern. Das erste Feld enthält den Herstellernamen, das zweite die Modellnummer, das dritte ist unbenutzt (immer „0“) und das vierte einen Versionscode. Der Versionscode besteht aus fünf, durch Bindestriche getrennten Zahlen.

- Der Befehl liefert einen String in folgendem Format zurück (zum Einlesen müssen Sie eine String-Variable mit mindestens 50 Zeichen dimensionieren).

  Agilent Technologies, 33220A, <serial number>, **f.ff**-**b.bb**-**aa**-**p**

  f.ff = Firmware-Versionsnummer
  b.bb = Versionsnummer des Boot-Kernel
  aa = ASIC-Versionsnummer
  p = Versionsnummer der Leiterplatte

DISPlay {**OFF**|**ON**}
DISPlay?

Dieser Befehl deaktiviert oder aktiviert das Display. Im abgeschalteten Zustand werden im Display keinerlei Informationen angezeigt; die Hintergrundbeleuchtung bleibt jedoch eingeschaltet. Der Abfragebefehl `:DISP?` liefert den Wert „0“ (OFF) oder „1“ (ON) zurück.

- Bei abgeschaltetem Display werden die Fernsteuerungsbefehle etwas schneller ausgeführt.
- Wenn das Gerät über die Fernsteuerungsschnittstelle den Befehl zum Anzeigen einer Meldung empfängt (Befehl `DISP:TEXT`) wird die betreffende Meldung auch bei abgeschaltetem Display angezeigt. Ebenso werden Fehler, die mit der Fernsteuerungsschnittstelle zusammenhängen, auch bei abgeschaltetem Display angezeigt.
- Beim Aus- und Wiedereinschalten des Gerätes, bei einem Reset (Befehl `*RST`) und beim Umschalten vom Fernsteuerungsbetrieb auf manuelle Bedienung wird das Display automatisch reaktiviert. Um das Gerät vom Fernsteuerungsbetrieb auf manuelle Bedienung umzuschalten, müssen Sie die Taste Local drücken oder den IEEE-488-Befehl GTL (*Go To Local*) senden.

- Wenn Sie den Gerätezustand mit Hilfe des Befehls `*SAV` abspeichern, wird auch der Display-Zustand mit abgespeichert. Wenn Sie einen gespeicherten Gerätezustand mit Hilfe des Befehls `*RCL` zurückrufen, wird auch der Display-Zustand wiederhergestellt.

`DISPlay:TEXT` <*String in Anführungszeichen*>
`DISPlay:TEXT?`

Dieser Befehl zeigt eine Textmeldung im Display des Funktionsgenerators an. Die Meldung wird auch dann angezeigt, wenn das Display zuvor mit dem Befehl `DISP` abgeschaltet wurde. Der Abfragebefehl `:TEXT?` liefert die im Display angezeigte Meldung in Form eines in Anführungszeichen eingeschlossenen Strings zurück.

- Die Meldung kann Groß- und Kleinbuchstaben (A-Z), Ziffern (0-9) und alle übrigen druckbaren Zeichen enthalten, die auf einer Computertastatur vorhanden sind. Je nach Anzahl der Zeichen wählt der Funktionsgenerator automatisch eine von zwei möglichen Schriftgrößen. In der großen Schrift können etwa 12 Zeichen angezeigt werden, in der kleinen Schrift etwa 40 Zeichen. Beispiel:

```
DISP:TEXT 'Test wird ausgeführt...'
```

- Während einer Meldungsanzeige werden im Display keine Ausgangssignal-Informationen wie Frequenz oder Amplitude angezeigt.

`DISPlay:TEXT:CLEar`

Dieser Befehl löscht die im Display des Funktionsgenerators angezeigte Textmeldung.

- Falls das Display aktiv ist (Befehl `DISP ON`), schaltet der Befehl `DISP:TEXT:CLEAR` das Display in die normale Betriebsart zurück.
- Falls das Display abgeschaltet ist (Befehl `DISP OFF`), löscht der Befehl `DISP:TEXT:CLEAR` das Display, ohne das Display zu aktivieren. Sie können das Display aktivieren, indem Sie den Befehl `DISP ON` senden und die Taste Local drücken. Sie können auch über die GPIB- oder die USB-Schnittstelle den Befehl GTL (*Go To Local*) senden. Bei einer Steuerung über LAN lautet der Befehl `SYST:COMM:RLST LOC`.

***RST**

Dieser Befehl bringt den Funktionsgenerator in die Grundeinstellung und zwar unabhängig von der mit dem Befehl `MEM:STAT:REC:AUTO` vorgenommenen Einstellung. Der Befehl `*RST` hat jedoch keinen Einfluss auf gespeicherte Gerätezustände, gespeicherte Arbiträrsignale oder I/O-Einstellungen, die *nichtflüchtig* gespeichert sind. Dieser Befehl bewirkt gegebenenfalls den Abbruch eines Wobbelzyklus oder Bursts und die Reaktivierung des Displays, falls dieses mit dem Befehl `DISP OFF` deaktiviert wurde.

***TST?**

Dieser Befehl startet einen vollständigen Selbsttest. Nach Abschluss des Selbsttests wird der Wert „+0“ (PASS) oder „+1“ (FAIL) zurückgeliefert. Falls beim Selbsttest ein Fehler auftritt, werden eine oder mehrere Fehlermeldungen mit Informationen über die Fehlerursache generiert. Mit dem Befehl `SYST:ERR?` können Sie die Fehlerwarteschlange auslesen (siehe Seite 266).

SYSTem:VERSion?

Dieser Abfragebefehl bestimmt die installierte SCPI-Version. Dieser Befehl liefert einen String in folgendem Format zurück: „JJJJ.V“. „JJJJ“ steht für das Jahr, in dem die Version freigegeben wurde; „V“ ist eine Versionsnummer für das betreffende Jahr (Beispiel: 1999.0).

SYSTem:BEEPer

Dieser Befehl bewirkt die sofortige Ausgabe eines Pieptons.

SYSTem:BEEPer:STATe {OFF|ON}
SYSTem:BEEPer:STATe?

Dieser Befehl deaktiviert oder aktiviert den Piepton, der (sowohl in der manuellen Betriebsart als auch im Fernsteuerungsbetrieb) ertönt, wenn ein Fehler auftritt. Die aktuelle Einstellung wird *nichtflüchtig* gespeichert. Der Abfragebefehl `:STAT?` liefert den Wert „0“ (OFF) oder „1“ (ON) zurück.

SYSTem:KLOCk[:STATe] {OFF|ON}

Mit diesem Befehl setzen Sie die Tastensperre der Frontplatte auf OFF (die Standardeinstellung) oder ON. Im Zustand :KLOC ON sind die Tasten der Frontplatte einschließlich der Taste Local, falls diese nicht ausgenommen wurde, gesperrt. Wenn Sie alle Tasten *außer* der Taste Local sperren möchten, müssen Sie *erst* den Befehl SYST:KLOC:EXCL LOC und dann den Befehl SYST:KLOC ON senden.

SYSTem:KLOCk:EXCLude {NONE|LOCal}
SYSTem:KLOCk:EXCLude?

- Im Zustand :EXCL NONE (der Standardeinstellung) ist keine Ausnahme vorgesehen; mit dem Befehl SYST:KLOC ON werden *alle* Tasten der Frontplatte einschließlich der Taste Local gesperrt.
- Mit :EXCL LOC wird die Taste Local ausgenommen; in Zustand SYST:KLOC ON sind alle Tasten der Frontplatte *außer* der Taste Local gesperrt.

SYSTem:SECurity:IMMediate

Der gesamte Inhalt des Gerätespeichers außer den Boot-Parametern und den Kalibrierdaten wird gelöscht. Alle Geräteeinstellungen werden auf ihre *RST-Werte gesetzt. ***Mit diesem Befehl werden alle benutzerdefinierten Zustandsdaten, Arbiträrsignale und I/O-Einstellungen wie die IP-Adresse gelöscht.*** Der Befehl dient üblicherweise dazu, den gesamten Speicherinhalt zu löschen, bevor das Gerät aus einem gesicherten Arbeitsbereich entfernt wird. ***Wegen der Möglichkeit eines unbeabsichtigten Datenverlusts wird nicht empfohlen, diesen Befehl für Routine-Anwendungen zu benutzen.***

***LRN?**

Dieser Abfragebefehl liefert einen „Learn-String“ zurück, der eine Folge von SCPI-Befehlen enthält, die den aktuellen Gerätezustand repräsentieren. Zu einem späteren Zeitpunkt können Sie diesen String wieder zum Funktionsgenerator senden, um den gleichen Gerätezustand wiederherzustellen. Zur Vermeidung von Fehlfunktionen sollten Sie den String nicht verändern, bevor Sie ihn wieder zum Funktionsgenerator senden. Der „Learn-String“ besteht aus etwa 1500 Zeichen. Führen Sie erst den Befehl `*RST` aus und senden Sie *dann* den „Learn-String“ an das Gerät, um Gerätefehler auszuschließen.

***OPC**

Dieser Befehl setzt das Bit „Operation Complete“ (Bit 0) des Standardereignisregisters, sobald die vorangegangenen Befehle vollständig ausgeführt wurden. Bevor dieses Bit gesetzt wird, können noch andere Befehle ausgeführt werden. Dieser Befehl kann in der getriggerten Wobbel- oder Burst-Betriebsart dazu verwendet werden, nach Abschluss des Befehls `*TRG` einen Computer-Interrupt auszulösen.

***OPC?**

Dieser Befehl bewirkt, dass der Wert „1“ in den Ausgangspuffer geschrieben wird, sobald die vorangegangenen Befehle vollständig ausgeführt wurden. Weitere Befehle können erst nach Ausführung dieses Befehls ausgeführt werden.

***WAI**

Dieser Befehl weist den Funktionsgenerator an, mit der Ausführung weiterer Fernsteuerungsbefehle so lange zu warten, bis alle in Gang befindlichen Operationen ausgeführt wurden.

Schnittstellen-Konfigurationsbefehle

Siehe auch „Konfiguration der Fernsteuerungsschnittstelle“ auf Seite 145 in Kapitel 3.

Befehle für die Fern-/Lokalsteuerung des Gerätezustands: Die folgenden Befehle stellen den Betrieb über Fernsteuerung bzw. die lokale Betriebsart des Funktionsgenerators aus einer Telnet- oder Socket-Sitzung über die LAN-Schnittstelle ein. Die Steuerung erfolgt ähnlich wie bei IEEE-488.2-Befehlen wie GTL (Go To Local) über die GPIB- und USB- Schnittstellen.

`SYSTem:LOCal`

Der Gerätezustand wird auf lokale Betriebsart (standardmäßiger Einschaltstatus) gesetzt. Alle Anzeigen werden ausgeblendet und die Tasten der Frontplatte werden entsperrt.

`SYSTem:REMote`

Der Gerätezustand wird auf Betrieb über Fernsteuerung gesetzt. Die Anzeige für Fernbetrieb wird eingeblendet, die Tasten der Frontplatte (außer der Taste Local) werden gesperrt.

`SYSTem:RWLock`

Der Gerätezustand wird auf Betrieb über Fernsteuerung mit Tastensperre gesetzt. Die Anzeige RWL wird eingeblendet, alle Tasten der Frontplatte (einschließlich der Taste Local) werden gesperrt.

`SYSTem:COMMunicate:RLSTate {LOCal|REMote|RWLock}`

Diese Befehle ermöglichen die gleichen Funktionen wie die vorherigen drei einzelnen Befehle.

- LOCal – (Standardeinstellung). Der Gerätezustand wird auf lokale Betriebsart gesetzt. Alle Anzeigen werden ausgeblendet und die Tasten der Frontplatte werden entsperrt.
- REMote – Der Gerätezustand wird auf Betrieb über Fernsteuerung gesetzt. Die Anzeige für Fernbetrieb wird eingeblendet, die Tasten der Frontplatte (außer der Taste Local) werden gesperrt.

- RWLock – Der Gerätezustand wird auf Betrieb über Fernsteuerung mit Tastensperre gesetzt. Die Anzeige RWL wird eingeblendet, alle Tasten der Frontplatte (einschließlich der Taste Local) werden gesperrt.

GPIB Schnittstellen-Befehle:

SYSTem:COMMunicate:GPIB:ADDRess <*Adresse*>
SYSTem:COMMunicate:GPIB:ADDRess?

Dieser Befehl legt die GPIB-Adresse (IEEE-488) für den Agilent 33220A fest. Die GPIB-Adresse kann einen Wert zwischen 0 und 30 haben. Die Werkseinstellung ist 10.

LAN Schnittstellen-Befehle:

SYSTem:COMMunicate:LAN:AUTOip[:STATe] {OFF|0|ON|1}
SYSTem:COMMunicate:LAN:AUTOip[:STATe]?

Dieser Befehl deaktiviert oder aktiviert die Verwendung des Auto-IP-Standards für die automatische Zuweisung einer IP-Adresse für den Agilent 33220A. Bei der Werkseinstellung ist die Verwendung (ON) aktiviert. Der Abfragebefehl liefert „0“ (OFF) oder „1“ (ON) zurück.

- Falls Sie die Auto-IP-Einstellung ändern, muss das Gerät aus- und wiedereingeschaltet werden, um die neue Einstellung zu aktivieren.
- Auto-IP verfügt über IP-Adressen aus dem Linklocal-Adressbereich (169.254.xxx.xxx).
- Die Auto-IP-Einstellung wird *nichtflüchtig* abgespeichert und ändert sich beim Aus- und Wiedereinschalten des Gerätes oder beim Reset nicht (*RST).

SYSTem:COMMunicate:LAN:IPADdress <*Adresse*>
SYSTem:COMMunicate:LAN:IPADdress?

Dem Agilent 33220A wird eine statische Internet-Protokoll-Adresse (IP) zugewiesen, die verwendet wird, wenn weder DHCP noch Auto-IP in der Lage sind, eine IP-Adresse zuzuweisen. Wenden Sie sich wegen einer gültigen IP-Adresse an Ihren Netzwerkadministrator. Der Abfragebefehl liefert die aktuelle statische IP-Adresse zurück.

- Falls Sie die Einstellung der IP-Adresse ändern, muss das Gerät aus- und wiedereingeschaltet werden, um die neue Einstellung zu

aktivieren.

- Die IP-Adresse wird *nichtflüchtig* abgespeichert und und ändert sich beim Aus- und Wiedereinschalten des Gerätes oder beim Reset nicht (*RST).

Weitere Informationen zu IP-Adressen und zur Punktnotation: *Adressen in Punktnotation („nnn.nnn.nnn.nnn", wobei „nnn" ein Byte-Wert ist), etwa IP-Adressen, müssen mit besonderer Sorgfalt eingegeben werden. Der Grund hierfür: Die meisten auf einem PC installierten Web-Software-Programme interpretieren Byte-Werte mit führenden Nullen als Oktalzahlen. Folglich entspricht „255.255.020.011" der Dezimalzahl „255.255.16.9" (und nicht der Dezimalzahl „255.255.20.11"), da „.020" ausgedrückt als Oktalzahl als „16" und „.011" als „9" interpretiert wird. Um Missverständnisse auszuschalten, empfiehlt es sich, ausschließlich dezimal ausgedrückte Byte-Werte (von 0 bis 255) ohne führende Nullen zu verwenden.*

Der Agilent 33220A geht davon aus, dass alle IP-Adressen sowie sonstigen Adressen mit Punktnotation als dezimale Byte-Werte ausgedrückt werden, und entfernt sämtliche führenden Nullen von diesen Byte-Werten. Wenn Sie also versuchen, in das IP-Adressfeld den Wert „255.255.020.011" einzugeben, wird daraus der Wert „255.255.20.11" (einen reinen Dezimalausdruck). Mit exakt dem gleichen Ausdruck, „255.255.20.11", sollten Sie in der Web-Software Ihres PCs das Gerät adressieren. Verwenden Sie keinesfalls den Ausdruck „255.255.020.011". Der PC interpretiert diese Adresse aufgrund der führenden Nullen anders als gewünscht.

`SYSTem:COMMunicate:LAN:LIPaddress?`

Die „zuletzt verwendete gültige Auto-IP-Adresse" in Punktnotation (z. B. „169.254.20.11") wird zurückgeliefert.

`SYSTem:COMMunicate:LAN:MAC?`

Die MAC-Adresse (Media Access Control) des Agilent 33220A wird zurückgeliefert. Die 48-Bit-Adresse ist unveränderlich, und wird vom Hersteller jedem einzelnen Internetgerät zugewiesen. Die MAC-Adresse wird als 12 hexadezimale Zeichen in der Form „XX-XX-XX-XX-XX-XX" (z. B. „00-30-D3-00-10-41") dargestellt.

`SYSTem:COMMunicate:LAN:MEDiasense {OFF|0|ON|1}`
`SYSTem:COMMunicate:LAN:MEDiasense?`

Dieser Befehl deaktiviert oder aktiviert die Funktion MEDiasense. Bei Aktivierung erkennt diese Funktion den Verlust von LAN-Konnektivität ab 20 Sekunden, sucht nach einer Wiederverbindung, und startet das LAN neu. Bei der Werkseinstellung ist die Verwendung (ON) aktiviert. Der Abfragebefehl liefert „0" (OFF) oder „1" (ON) zurück.

- Falls Sie die Einstellung für MEDiasense ändern, muss das Gerät aus- und wiedereingeschaltet werden, um die neue Einstellung zu aktivieren.
- Die MEDiasense-Einstellung wird *nichtflüchtig* abgespeichert und ändert sich beim Aus- und Wiedereinschalten des Gerätes oder beim Reset nicht (*RST).

SYSTem:COMMunicate:LAN:NETBios {OFF|0|ON|1}
SYSTem:COMMunicate:LAN:NETBios?

Dieser Befehl deaktiviert oder aktiviert die Verwendung von NETBios zur automatischen Zuweisung einer IP-Adresse für den Agilent 33220A für die Peer-to-Peer-Bezeichnung auf einem privaten Netzwerk, das den NETBios Naming Service verwendet. Bei der Werkseinstellung ist die Verwendung (ON) aktiviert. Der Abfragebefehl liefert „0“ (OFF) oder „1“ (ON) zurück.

- Falls Sie die Einstellung für NETBios ändern, muss das Gerät aus- und wiedereingeschaltet werden, um die neue Einstellung zu aktivieren.
- Die NETBios-Einstellung wird *nichtflüchtig* abgespeichert und ändert sich beim Aus- und Wiedereinschalten des Gerätes oder beim Reset nicht (*RST).

SYSTem:COMMunicate:LAN:TELNet:PROMpt *<String>*
SYSTem:COMMunicate:LAN:TELNet:PROMpt?

Diese Befehlsanzeige wird ausgewählt, wenn eine Telnet-Sitzung für die Kommunikation mit dem Agilent 33220A verwendet wird. Die Standardanzeige ist „`33220A>`“.

- Der Agilent 33220A verwendet für Telnet-Sitzungen den LAN-Anschluss 5024.
- Telnet-Sitzungen werden normalerweise von der Shell eines Host-Computers aus gestartet:

  telnet <*IP_Adresse*> <*Anschluss*>

  Z. B.:

  ```
  telnet 169.254.2.20 5024
  ```

  Um eine Telnet-Sitzung zu beenden, drücken Sie auf <**Cntr-D**>.
- Die Anzeige besteht aus einem in Anführungszeichen gesetzten String mit bis zu 15 Zeichen.
- Die Befehlsanzeige wird wird *nichtflüchtig* abgespeichert und ändert sich beim Aus- und Wiedereinschalten des Gerätes oder beim Reset nicht (*RST).

SYSTem:COMMunicate:LAN:TELNet:WMESsage *<String>*
SYSTem:COMMunicate:LAN:TELNet:WMESsage?

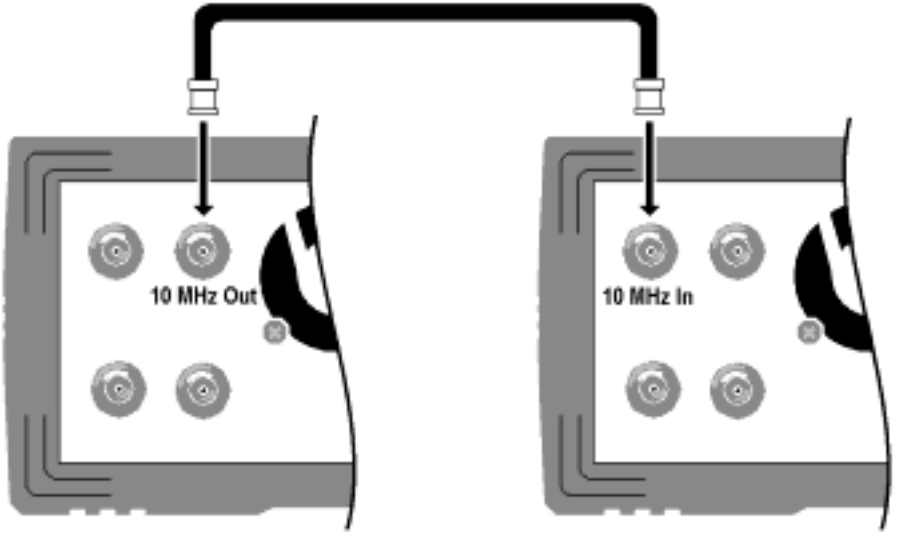
Dieser Befehl legt die Begrüßungsnachricht fest, wenn eine Telnet-Sitzung für die Kommunikation mit dem Agilent 33220A verwendet wird. Die Standard-Begrüßungsnachricht ist „`Welcome to Agilent's 33220A Waveform Generator`“.

- Der Agilent 33220A verwendet für Telnet-Sitzungen den LAN-Anschluss 5024.
- Die Nachricht besteht aus einem in Anführungszeichen gesetzten String mit bis zu 63 Zeichen.
- Die Begrüßungsnachricht wird *nichtflüchtig* abgespeichert und ändert sich beim Aus- und Wiedereinschalten des Gerätes oder beim Reset nicht (*RST).

Verwenden des LAN-Anschlusses Der Agilent 33220A verwendet den LAN-Anschluss 5024 für Telnet-Sitzungen, und den LAN-Anschluss 5025 für Socket-Sitzungen. Weitere Informationen zu Socket-Sitzungen, finden Sie auf der *Agilent 33220A Product Reference CD* unter dem White Paper „Socket Connections for LAN-enabled Instruments“.

Phasensynchronisationsbefehle (Nur Option 001)

Die rückseitigen Steckverbinder *10 MHz In* und *10 MHz Out* (nur mit Option 001 verfügbar) ermöglichen es Ihnen, mehrere Funktionsgeneratoren Agilent 33220A miteinander oder mit einem externen 10 MHz-Taktsignal zu synchronisieren (siehe Abbildung). Dabei können Sie den Phasen-Offset zwischen den Geräten sowohl über die Frontplatte als auch über die Fernprogrammierungsschnittstelle steuern.



Hinweis: *Sie können die unten beschriebenen Befehle zur Phasensynchronisierung nutzen, um mehrere Geräte des Typs 33220A zu synchronisieren. Dabei muss in* ***allen*** *Geräten Option 001 (Externe Zeitbasis-Referenz) installiert sein. Mit dieser Option sind die rückseitigen Steckverbinder „10 MHz Out" und „10 MHz In" sowie die für die Synchronisierung der Geräte nötigen Schaltungen verfügbar.*

Weitere Informationen zur Verwendung dieser Funktionen siehe auch „Externe Zeitbasisreferenz (Option 001)" auf Seite 153.

PHASe {<*Winkel*>|**MINimum**|**MAXimum**}
PHASe? [MINimum|MAXimum]

Dieser Befehl spezifiziert die Phase des Ausgangssignals in Grad oder rad (je nachdem, welche Einheit zuvor mit dem Befehl `UNIT:ANGL` gewählt wurde). (Dieser Befehl ist für die Ausgangsfunktionen „Pulse"

und „Noise“ nicht verfügbar). Spezifizieren Sie einen Wert zwischen -360 Grad und +360 Grad oder -2 π bis +2 π rad. Der Standardwert ist 0 Grad (0 rad). MIN = -360 Grad (-2π rad). MAX = +360 Grad (+2π rad). Der Abfragebefehl `:PHAS?` liefert den Phasenoffset in Grad bzw. rad zurück.

- Die zur Phasensynchronisation mit dem externen Referenzsignal erforderliche Phasenänderung verursacht eine momentane Diskontinuität im Ausgangssignal.
- Die Phasensynchronisation hat nichts mit der mit dem Befehl `BURS:PHAS` (siehe Seite 243) spezifizierten Burst-Phase zu tun.

`UNIT:ANGLe {DEGree|RADian}`
`UNIT:ANGLe?`

Dieser (nur im Fernsteuerungsbetrieb verfügbare) Befehl wählt die Einheit (Grad oder rad) für den mit dem Befehl `PHAS` spezifizierten Phasenoffset. Die Standard-Einheit ist DEG. Der Abfragebefehl `:ANGL?` liefert den Wert „DEG“ oder „RAD“ zurück.

- Im Display wird der Phasenoffset stets in Grad angezeigt (die Einheit rad ist nicht verfügbar). Wenn Sie die Start-Phase über die Fernsteuerungsschnittstelle spezifizieren und dann auf manuelle Bedienung umschalten, wird der Phasenoffsetwert automatisch in Grad umgerechnet.

`PHASe:REFerence`

Dieser Befehl legt einen neuen Null-Phasen-Referenzpunkt fest, ohne das Ausgangssignal des Funktionsgenerators zu verändern. Dieser Befehl setzt den mit dem Befehl `PHAS?` zurückgelieferten Phasenwert zurück, was jedoch *keine* Auswirkungen auf die Ausgangswellenform hat. Er entspricht dem Softkey **Set 0 Phase** des „Utility“-Menüs der Frontplatte. Weitere Informationen finden Sie unter „Externe Zeitbasisreferenz (Option 001)“ auf Seite 153. Zu diesem Befehl gibt es *keinen* entsprechenden Abfragebefehl.

`PHASe:UNLock:ERRor:STATe {OFF|ON}`
`PHASe:UNLock:ERRor:STATe?`

Dieser Befehl spezifiziert, ob der Funktionsgenerator bei einem etwaigen Verlust der Phasensynchronisation eine Fehlermeldung generiert oder nicht. Die Standardeinstellung ist OFF. Wenn die Fehlermeldung aktiviert wurde, wird bei einem Verlust der Phasensynchronisation die Fehlermeldung „Reference phase-locked loop is unlocked“ generiert. Die

„Unlock error“-Einstellung wird *nicht* im *nichtflüchtigen* Speicher gespeichert. Dies bedeutet, dass die Einstellung beim Ausschalten des Geräts *nicht erhalten* bleibt. Der Abfragebefehl `:STAT?` liefert den Wert „0“ (OFF) oder „1“ (ON) zurück.

SCPI-Statussystem

Dieser Abschnitt beschreibt die Struktur des vom Funktionsgenerator verwendeten SCPI-Statussystems. Das Statussystem zeichnet diverse Gerätezustände in mehreren Registergruppen auf (siehe Abbildung weiter unten). Jede dieser Registergruppen umfasst wiederum untergeordnete Register, nämlich „Condition"-Register, „Event"-Register und „Enable"-Register, welche die von bestimmten Bits innerhalb der Registergruppe ausgelösten Aktionen steuern.

Was ist ein „Condition"-Register?

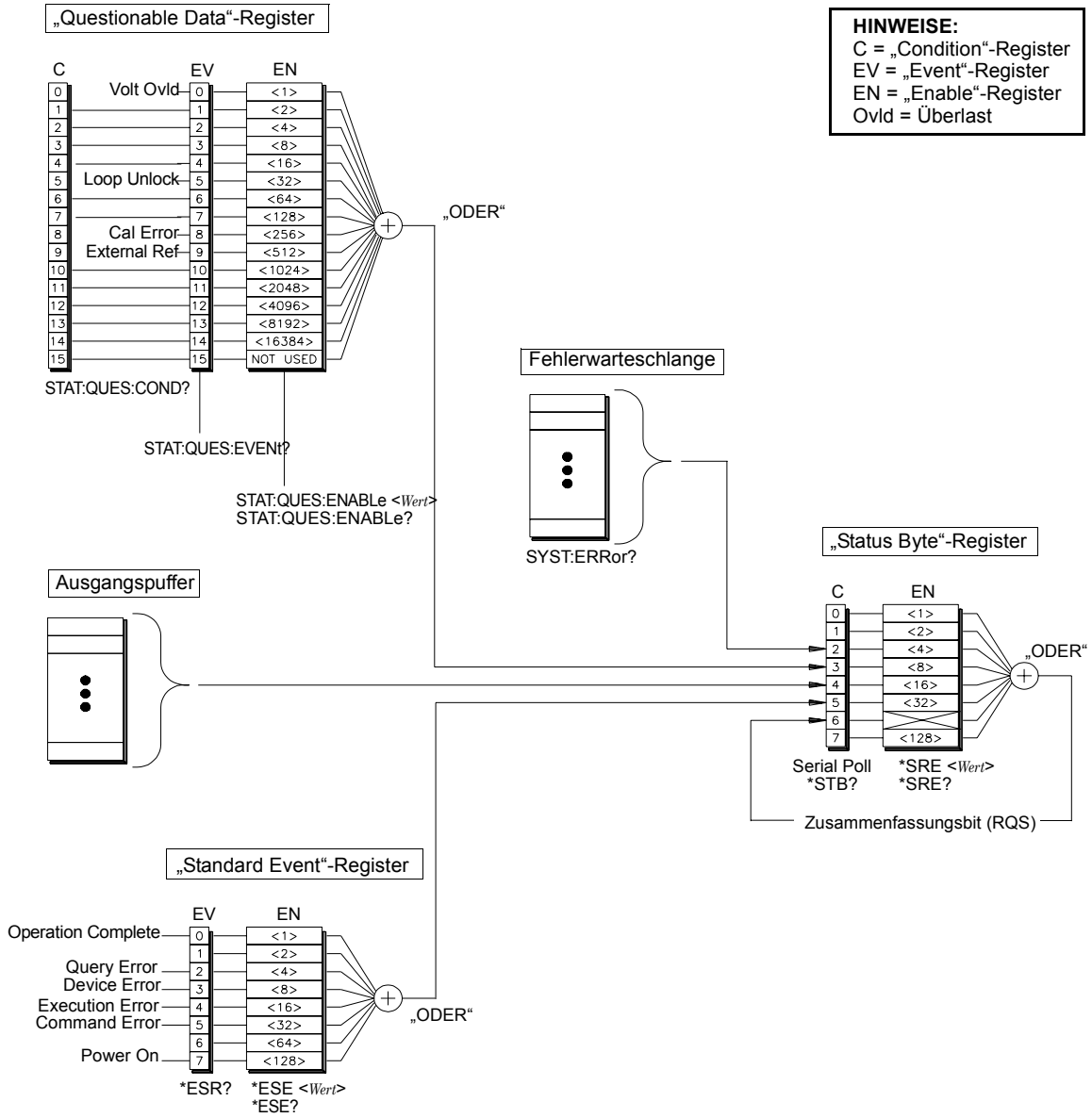
Ein *„Condition"-Register* überwacht kontinuierlich den Zustand des Gerätes. Die Bits des „Condition"-Registers werden in Echtzeit aktualisiert und sind weder selbsthaltend („latched") noch gepuffert. Dies ist ein Nur-Lese-Register; die Bits dieses Registers werden beim Abfragen des Registers nicht zurückgesetzt. Die Abfrage eines „Condition"-Registers liefert einen Dezimalwert zurück, welcher der binär gewichteten Summe aller gesetzten Register-Bits entspricht.

Was ist ein „Event"-Register?

Ein *„Event"-Register* ist ein selbsthaltendes („Latch-") Register, das die diversen Ereignisse aus Änderungen im „Condition"-Register festhält. Aufeinanderfolgende Ereignisse werden nicht gepuffert: Wenn ein „Event"-Bit gesetzt ist, werden weitere Ereignisse, die durch dieses Bit repräsentiert werden, ignoriert. Dies ist ein Nur-Lese-Register. Wenn ein Bit gesetzt ist, bleibt es so lange gesetzt, bis es durch einen Abfragebefehl (beispielsweise `STAT:QUES:EVEN?`) oder den Befehl `*CLS` (Clear Status) zurückgesetzt wird. Die Abfrage Dieses Registers liefert einen Dezimalwert zurück, welcher der binär gewichteten Summe aller gesetzten Register-Bits entspricht.

Was ist ein „Enable"-Register?

Ein *„Enable"-Register* definiert, welche Bits im „Event"-Register an die Registergruppe „Status Byte" gemeldet werden. Die Bits eines „Enable"-Registers können sowohl gelesen als auch gesetzt/zurückgesetzt werden. Der Befehl `*CLS` (Clear Status) setzt alle Bits des „Event"-Registers zurück, *nicht* jedoch das „Enable"-Register. Der Befehl `STAT:PRES` setzt alle Bits des „Enable"-Registers zurück. Zum Aktivieren der „Enable"-Register-Bits, die an das „Status Byte"-Register gemeldet werden sollen, müssen Sie einen Dezimalwert, welcher der binär gewichteten Summe der betreffenden Bits entspricht, in das Register schreiben.


„Questionable Data“-Register
HINWEISE:
C = „Condition“-Register
EV = „Event“-Register
EN = „Enable“-Register
Ovld = Überlast
C
EV
EN
Volt Ovld
Loop Unlock
Cal Error
External Ref
<1>
<2>
<4>
<8>
<16>
<32>
<64>
<128>
<256>
<512>
<1024>
<2048>
<4096>
<8192>
<16384>
NOT USED
„ODER“
STAT:QUES:COND?
STAT:QUES:EVENt?
STAT:QUES:ENABLe <Wert>
STAT:QUES:ENABLe?
Fehlerwarteschlange
SYST:ERRor?
„Status Byte“-Register
Ausgangspuffer
Serial Poll
*STB?
*SRE <Wert>
*SRE?
Zusammenfassungsbit (RQS)
„Standard Event“-Register
Operation Complete
Query Error
Device Error
Execution Error
Command Error
Power On
*ESR?
*ESE <Wert>
*ESE?

„Status Byte“-Register

Das „Status Byte“-Register zeigt zusammenfassend die Zustände der anderen Status-Register an. Wann immer der Ausgangspuffer des Funktionsgenerators Daten enthält, ist das „Message Available“-Bit (Bit 4) gesetzt. Wenn ein „Event“-Register aus einer der übrigen Registergruppen zurückgesetzt wird, werden auch die entsprechenden Bits im „Status Byte“-Register zurückgesetzt. Durch das Lesen aller Daten aus dem Ausgangspuffer (einschließlich wartender Abfragen) wird das „Message Available“-Bit zurückgesetzt. Um die „Enable“-Register-Maske zu setzen und einen SRQ (Service Request, Bedienungsanforderung) zu generieren, müssen Sie mit dem Befehl `*SRE` einen entsprechenden Dezimalwert in das Register schreiben.

Bit-Definitionen – „Status Byte“-Register

Bit-Nummer	Dezimal-wert	Definition
0 *Unbenutzt*	1	*Dieses Bit ist unbenutzt. Es hat stets den Wert „0“.*
1 *Unbenutzt*	2	*Dieses Bit ist unbenutzt. Es hat stets den Wert „0“.*
2 „Error Queue“	4	Die Fehlerwarteschlange enthält eine oder mehrere Fehlermeldungen.
3 „Questionable Data“	8	Ein oder mehrere Bits des „Questionable Data“-Registers sind gesetzt (die betreffenden Bits müssen aktiviert – „enabled“ – sein).
4 „Message Available“	16	Im Ausgangspuffer stehen Daten bereit.
5 „Standard Event“	32	Ein oder mehrere Bits des „Standard Event“-Registers sind gesetzt (die betreffenden Bits müssen aktiviert – „enabled“ – sein).
6 „Master Summary“	64	Ein oder mehrere Bits des „Status Byte”-Registers sind gesetzt (die betreffenden Bits müssen aktiviert – „enabled“ – sein).
7 *Unbenutzt*	128	*Dieses Bit ist unbenutzt. Es hat stets den Wert „0“.*

Das „Status Byte *Condition*“-Register wird gelöscht, wenn:

- das Gerät den Befehl `*CLS` (Clear Status) empfängt;
- Wenn ein „Event“-Register aus einer der übrigen Registergruppen abgefragt wird (im „Condition“-Register werden nur die entsprechenden Bits zurückgesetzt).

Das „Status Byte *Enable*"-Register wird gelöscht, wenn:

- das Gerät den Befehl `*SRE 0` empfängt;
- das Gerät eingeschaltet wird und zuvor mit dem Befehl `*PSC 1` konfiguriert wurde. Beachten Sie, dass das „Enable"-Register beim Einschalten des Gerätes *nicht* zurückgesetzt wird, wenn das Gerät zuvor mit dem Befehl `*PSC 0` konfiguriert wurde.

Bedienungsanforderung (SRQ) und serielle Abfrage (POLL)

Wenn Sie diese Funktionen benutzen wollen, müssen Sie Ihren Computer so konfigurieren, dass er IEEE-488 „Service Request" (SRQ) Interrupts verarbeitet. Spezifizieren Sie mit dem Befehl `*SRE` durch Setzen der entsprechenden Bits des „Status Byte Enable"-Registers die Bedingungen, unter denen der Funktionsgenerator die SRQ-Leitung setzt. Wenn Bit 6 (RQS) von „0" auf „1" wechselt, wird eine Bedienungsanforderung an den Computer gesendet. Der Computer kann dann mittels einer seriellen Abfrage der am Bus angeschlossenen Geräte herausfinden, welches Gerät die Bedienungsanforderung gesendet hat (nämlich dasjenige, bei dem das Bit 6 gesetzt ist).

Durch eine serielle Abfrage werden das Bit 6 (RQS) und die SRQ-Leitung zurückgesetzt. Auf die übrigen Bits hat die serielle Abfrage keinen Einfluss. Das „Master Summary Bit" in der *STB?-Antwort wird nicht zurückgesetzt.

Senden Sie zur Durchführung einer seriellen Abfrage die IEEE-488-Nachricht „Serial Poll". Das Gerät antwortet mit einem Ein-Byte-Binärwert. Die serielle Abfrage wird von der IEEE-488-Bus-Interface-Hardware automatisch abgewickelt.

Im Gegensatz zu ASCII-Befehlen und einigen anderen GPIB-Befehlen wird eine serielle Abfrage sofort und ohne Zutun des geräteinternen Hauptprozessors ausgeführt. Der bei einer seriellen Abfrage gemeldete Status zeigt daher nicht unbedingt die Auswirkung des zuletzt gesendeten Befehls an. Mit dem Befehl *OPC? können Sie vor einer seriellen Abfrage sicherstellen, dass alle Befehle, die vorher an das Gerät gesendet wurden, ausgeführt wurden.

Lesen des „Status Byte“-Registers mit dem Befehl *STB?

Der Befehl `*STB?` ähnelt einer seriellen Abfrage, wird jedoch wie jeder andere ASCII-Gerätebefehl ausgeführt. Der Befehl `*STB?` liefert das gleiche Ergebnis wie eine serielle Abfrage, setzt aber das Bit 6 *nicht* zurück, solange die Zustände, die zum Setzen dieses Bits geführt haben, weiterhin bestehen.

Der Befehl `*STB?` wird von der IEEE-488 Bus-Interface-Hardware nur dann ausgeführt, wenn alle vorangegangenen Befehle vollständig ausgeführt wurden. Es ist nicht möglich, eine bestehende Bedienungsanforderung mit dem Befehl `*STB?` zurückzusetzen.

„Message Available“-Bit (MAV)

Mit Hilfe des „Message Available“-Bits (Bit 4) des „Status Byte“-Registers können Sie feststellen, wann Daten zum Einlesen in den Computer bereitstehen. Das Gerät setzt das Bit 4 erst dann zurück, wenn alle Nachrichten aus dem Ausgangspuffer gelesen wurden.

Unterbrechung des Computers durch eine Bedienungsanforderung (SRQ)

1. Senden Sie eine „Device Clear“-Nachricht (beispielsweise `CLEAR 710`) an den Funktionsgenerator, um den Ausgangspuffer zu löschen und sicherzustellen, dass das Gerät nachfolgende Befehle empfängt und verarbeitet.
2. Setzen Sie die „Event“-Register und die Fehlerwarteschlange mit dem Befehl `*CLS` zurück.
3. Konfigurieren Sie die „Enable“-Register-Masken. Konfigurieren Sie das „Standard Event Enable“-Register mit dem Befehl `*ESE` und das „Status Byte Enable“-Register mit dem Befehl `*SRE`.
4. Senden Sie zur Gewährleistung der Synchronisation den Befehl `*OPC?` (Operation Complete Query) und lesen Sie das Ergebnis ein.
5. Aktivieren Sie an Ihrem Computer den IEEE-488 SRQ-Interrupt.

Überprüfung der vollständigen Ausführung einer Befehlsfolge

1. Senden Sie eine „Device Clear“-Nachricht (beispielsweise `CLEAR 710`) an den Funktionsgenerator, um den Ausgangspuffer zu löschen und sicherzustellen, dass das Gerät nachfolgende Befehle empfängt und verarbeitet.
2. Setzen Sie die „Event“-Register und die Fehlerwarteschlange mit dem Befehl `*CLS` zurück.
3. Setzen Sie mit dem Befehl `*ESE 1` das „Operation Complete“-Bit (Bit 0) des „Standard Event“-Registers.
4. Senden Sie zur Gewährleistung der Synchronisation den Befehl `*OPC?` (Operation Complete Query) und lesen Sie das Ergebnis ein.
5. Senden Sie die gewünschte Befehlsfolge und danach den Befehl `*OPC` (Operation Complete). Nach vollständiger Ausführung aller Befehle wird das „Operation Complete“-Bit (Bit 0) des „Standard Event“-Registers gesetzt.
6. Überprüfen Sie durch eine serielle Abfrage, ob das Bit 5 („Standard event“) des Registers „Status Byte“ gesetzt ist. Alternativ könnten Sie den Funktionsgenerator mit dem Befehl `*SRE 32` („Status Byte Enable“-Register, Bit 5) für einen SRQ-Interrupt konfigurieren.

„Questionable Status“-Register

Die „Questionable Data“-Registergruppe liefert Informationen über die Qualität oder Integrität des Funktionsgenerators. Einzelne dieser Bedingungen, oder auch alle, werden bei entsprechender Programmierung des *„Enable“-Registers* an das „Questionable Data“-Bit gemeldet. Zum Programmieren der „Enable“-Registermaske müssen Sie mit dem Befehl `STAT:QUES:ENABle` einen entsprechenden Dezimalwert in das Register schreiben.

Bit-Definitionen – „Questionable Data“-Register

Bit-Nummer	Dezimal-wert	Definition
0 „Voltage Overload“	1	Externe Überspannung am Anschluss OUTPUT. Der Ausgang wurde deaktiviert.
1 *Unbenutzt*	2	*Dieses Bit ist unbenutzt. Es hat stets den Wert „0“.*
2 *Unbenutzt*	4	*Dieses Bit ist unbenutzt. Es hat stets den Wert „0“*
3 *Unbenutzt*	8	*Dieses Bit ist unbenutzt. Es hat stets den Wert „0“.*
4 *Unbenutzt*	16	*Dieses Bit ist unbenutzt. Es hat stets den Wert „0“.*
5 „Loop Unlocked“	32	Die Phasensynchronisation ist verloren gegangen. Hierdurch wird die Frequenzgenauigkeit beeinträchtigt.
6 *Unbenutzt*	64	*Dieses Bit ist unbenutzt. Es hat stets den Wert „0“.*
7 *Unbenutzt*	128	*Dieses Bit ist unbenutzt. Es hat stets den Wert „0“.*
8 „Calibration Error“	256	Der Fehler trat während einer Kalibrierung auf, oder der Inhalt des Kalibrierdatenspeichers ist verloren gegangen, oder der Kalibrierschutz wurde deaktiviert.
9 „External Reference“	512	Es wird eine externe Zeitbasis verwendet.
10 *Unbenutzt*	1024	*Dieses Bit ist unbenutzt. Es hat stets den Wert „0“.*
11 *Unbenutzt*	2048	*Dieses Bit ist unbenutzt. Es hat stets den Wert „0“.*
12 *Unbenutzt*	4096	*Dieses Bit ist unbenutzt. Es hat stets den Wert „0“.*
13 *Unbenutzt*	8192	*Dieses Bit ist unbenutzt. Es hat stets den Wert „0“.*
14 *Unbenutzt*	16 384	*Dieses Bit ist unbenutzt. Es hat stets den Wert „0“.*
15 *Unbenutzt*	32 768	*Dieses Bit ist unbenutzt. Es hat stets den Wert „0“.*

Das „Questionable Data *Event“-Register* wird zurückgesetzt, wenn

- das Gerät den Befehl `*CLS` (Clear Status) empfängt;
- das Register mit dem Befehl `STAT:QUES:EVEN?` abgefragt wird.

Das „Questionable Data *Enable"-Register* wird zurückgesetzt, wenn

- das Gerät eingeschaltet wird (der Befehl `*PSC` hat keinen Einfluss);
- das Gerät den Befehl `STAT:PRES` empfängt;
- das Gerät den Befehl `STAT:QUES:ENAB 0` empfängt.

„Standard Event"-Register

Die „Standard Event"-Registergruppe meldet folgende Ereignistypen: „Power-on detected", Befehlssyntaxfehler, Befehlsausführungsfehler, Selbsttest- oder Kalibrierfehler, Abfragefehler. Außerdem meldet diese Registergruppe, wenn der Befehl `*OPC` ausgeführt wurde. Einzelne dieser Bedingungen, oder auch alle, werden bei entsprechender Programmierung des *„Enable"-Registers* an das „Standard Event"-Bit gemeldet. Zum Konfigurieren der „Enable"-Register-Maske schreiben Sie mit dem Befehl `*ESE` einen entsprechenden Dezimalwert in das Register.

Bit-Definitionen – „Standard Event"-Register

Bit-Nummer	Dezimalwert	Definition
0 „Operation Complete"	1	Alle Befehle bis einschließlich *OPC wurden ausgeführt und der überlappte Befehl (beispielsweise *TRG für Burst) wurde ausgeführt.
1 *Unbenutzt*	2	*Dieses Bit ist unbenutzt. Es hat stets den Wert „0".*
2 „Query Error"	4	Das Gerät versuchte, den Ausgangspuffer zu lesen, aber dieser war leer. Oder: Das Gerät hat eine neue Befehlszeile empfangen, bevor eine vorangehende Abfrage eingelesen war. Oder: Sowohl der Eingangspuffer als auch der Ausgangspuffer sind voll.
3 „Device Error"	8	Es ist ein Selbsttest-, Kalibrier- oder gerätespezifischer Fehler aufgetreten (siehe Kapitel 5).
4 „Execution Error"	16	Es ist ein Ausführungsfehler aufgetreten (siehe Kapitel 5).
5 „Command Error"	32	Es ist ein Befehlssyntaxfehler aufgetreten (siehe Kapitel 5).
6 *Unbenutzt*	64	*Dieses Bit ist unbenutzt. Es hat stets den Wert „0".*
7 „Power On"	128	Das Gerät wurde aus- und wieder eingeschaltet, seit das „Event"-Register das letzte Mal gelesen oder zurückgesetzt wurde.

Das „Standard *Event*“-*Register* wird zurückgesetzt, wenn

- das Gerät den Befehl `*CLS` empfängt;
- das „Event“-Register mit dem Befehl `*ESR?` abgefragt wird.

Das „Standard Event *Enable*“-*Register* wird zurückgesetzt, wenn

- das Gerät den Befehl `*ESE 0` empfängt;
- das Gerät eingeschaltet wird und zuvor mit dem Befehl `*PSC 1` konfiguriert wurde. Beachten Sie, dass das „Enable“-Register beim Einschalten des Gerätes *nicht* zurückgesetzt wird, wenn das Gerät zuvor mit dem Befehl `*PSC 0` konfiguriert wurde.

Statusregisterbefehle

Mit den folgenden Befehlen können Sie auf das „Status System“-Registers zugreifen.

„Status Byte“-Register-Befehle

Die Definitionen der Register-Bits sind in der Tabelle auf Seite 283 zusammengefasst.

***STB?**

Dieser Befehl fragt das Zusammenfassungs- („Condition“) Register in dieser Registergruppe ab. Dieser Befehl ähnelt einer seriellen Abfrage, wird jedoch wie jeder andere Gerätebefehl ausgeführt. Er liefert das gleiche Ergebnis wie eine serielle Abfrage, setzt aber das „Master Summary“-Bit (Bit 6) *nicht* zurück.

***SRE** <*Aktivierungswert*>
***SRE?**

Dieser Befehl spezifiziert, welche Bits des „Status Byte“-Registers eine Bedienungsanforderung (SRQ) auslösen. Um bestimmte Bits SRQ-fähig zu machen, müssen Sie einen Dezimalwert in das Register schreiben, welcher der binär gewichteten Summe der betreffenden Register-Bits entspricht. Die gewählten Bits werden im „Master Summary“-Bit (Bit 6) des „Status Byte“-Registers zusammengefasst. Wenn eines der gewählten Bits von „0“ auf „1“ wechselt, wird ein SRQ ausgelöst. Der Abfragebefehl `*SRE?` liefert einen Dezimalwert zurück, welcher der binär gewichteten Summe aller mit dem Befehl `*SRE` SRQ-fähig gemachten Bits entspricht.

- Der Befehl `*CLS` (Clear Status) setzt alle Bits des „Event“-Registers zurück, *nicht* jedoch das „Enable“-Register.
- Der Befehl `STATus:PRESet` setzt *nicht* die Bits des „Status Byte Enable“-Registers zurück.
- Der Befehl `*PSC 0` bewirkt, dass der Inhalt des „Enable“-Registers beim Aus- und Wiedereinschalten des Gerätes erhalten bleibt.

„Questionable Data Register“-Befehle

Die Definitionen der Register-Bits sind in der Tabelle auf Seite 287 zusammengefasst.

`STATus:QUEStionable:CONDition?`

Dieser Befehl fragt das „Condition“-Register in dieser Registergruppe ab. Dies ist ein Nur-Lese-Register; die Bits dieses Registers werden beim Abfragen des Registers nicht zurückgesetzt. Die Abfrage dieses Registers liefert einen Dezimalwert zurück, welcher der binär gewichteten Summe aller gesetzten Register-Bits entspricht.

`STATus:QUEStionable[:EVENt]?`

Dieser Befehl fragt das „Event“-Register in dieser Registergruppe ab. Dies ist ein Nur-Lese-Register. Ein gesetztes Bit bleibt so lange gesetzt, bis es mit diesem Befehl oder mit dem Befehl `*CLS` (Clear Status) zurückgesetzt wird. Die Abfrage dieses Registers liefert einen Dezimalwert zurück, welcher der binär gewichteten Summe aller gesetzten Register-Bits entspricht.

`STATus:QUEStionable:ENABle` <*Aktivierungswert*>
`STATus:QUEStionable:ENABle?`

Dieser Befehl aktiviert die spezifizierten Bits im „Enable“-Register dieser Registergruppe. Die Werte der ausgewählten Bits werden dann dem Register „Status Byte“ gemeldet. Der Befehl `*CLS` (Clear Status) setzt alle Bits des „Event“-Registers zurück, *nicht* jedoch das „Enable“-Register. Der Befehl `STATus:PRESet` setzt alle Bits des „Enable“-Registers zurück. Zum Aktivieren von Bits eines „Enable“-Registers müssen Sie einen Dezimalwert in das Register einspeichern, welcher der binär gewichteten Summe der zu setzenden Bits entspricht.

Der Abfragebefehl `:ENAB?` liefert einen Dezimalwert zurück, welcher der binär gewichteten Summe aller mit dem Befehl `STAT:QUES:ENAB` aktivierten Bits entspricht.

„Standard Event Register“-Befehle

Die Definitionen der Register-Bits sind in der Tabelle auf Seite 288 zusammengefasst.

***ESR?**

Dieser Befehl fragt das „Standard Event Status“-Register ab. Ein gesetztes Bit bleibt so lange gesetzt, bis es mit diesem Befehl abgefragt oder mit dem Befehl `*CLS` (Clear Status) zurückgesetzt wird. Die Abfrage dieses Registers liefert einen Dezimalwert zurück, welcher der binär gewichteten Summe aller gesetzten Register-Bits entspricht.

***ESE** <*Aktivierungswert*>
***ESE?**

Dieser Befehl spezifiziert, welche Bits des „Standard Event Status“-Registers an das „Status Byte“-Register gemeldet werden. Die gewählten Bits werden im „Standard Event“-Bit (Bit 5) des „Status Byte“-Registers zusammengefasst. Der Abfragebefehl `*ESE?` liefert einen Dezimalwert zurück, welcher der binär gewichteten Summe aller mit dem Befehl `*ESE` SRQ-fähig gemachten Bits entspricht.

- Der Befehl `*CLS` (Clear Status) setzt alle Bits des „Event“-Registers zurück, *nicht* jedoch das „Enable“-Register.
- Der Befehl `STATus:PRESet` setzt *nicht* die Bits des „Status Byte Enable“-Registers zurück.
- Der Befehl `*PSC 0` bewirkt, dass der Inhalt des „Enable“-Registers beim Aus- und Wiedereinschalten des Gerätes erhalten bleibt.

Sonstige „Status Register“-Befehle

***CLS**

Dieser Befehl setzt das „Event“-Register in allen Registergruppen zurück. Dieser Befehl leert außerdem die Fehlerwarteschlange und bricht eine `*OPC` Operation ab.

STATus:PRESet

Dieser Befehl setzt alle Bits des „Questionable Data Enable“-Registers und des “register and the „Standard Operation Enable“-Registers zurück.

***PSC {0|1}**
***PSC?**

Power-On Status Clear. Dieser Befehl bewirkt, dass das „Standard Event Enable“-Register und das „Status Byte Condition“-Register beim Einschalten des Gerätes zurückgesetzt werden (`*PSC 1`). Wenn das Gerät sich im Modus `*PSC 0` befindet, werden diese beiden Register beim Einschalten *nicht* zurückgesetzt. Der Standardmodus ist `*PSC 1`. Der Abfragebefehl `*PSC?` liefert den mit dem Befehl `*PSC` spezifizierten Modus zurück: „0“ (Register wird beim Einschalten nicht zurückgesetzt) oder „1“ (Register wird beim Einschalten zurückgesetzt).

***OPC**

Dieser Befehl setzt das Bit „Operation Complete“ (Bit 0) des „Standard Event“-Registers, sobald die vorangegangenen Befehl ausgeführt wurden. In der Betriebsart bus-getriggerte Wobbelung oder bus-getriggerter Burst kann es vorkommen, dass Befehle ausgeführt werden, *nachdem* das Gerät den Befehl `*OPC` empfangen hat und *bevor* das „Operation Complete“-Bits im Register gesetzt wurde.

Kalibrierbefehle

Eine Übersicht über die Kalibrierfunktionen finden Sie unter „Überblick über die Kalibrierung“ in Kapitel 3 ab Seite 158. Eine ausführliche Beschreibung der Kalibrierprozeduren finden Sie in Kapitel 4 des *Service Guide* zum Agilent 33220A.

CAL:SECure:STATe {**OFF**|**ON**},<*Code*>
CAL:SECure:STATe?

Dieser Befehl deaktiviert oder aktiviert den Kalibrierschutz. Der Kalibrierschutzcode kann aus maximal 12 Zeichen bestehen. Der Abfragebefehl :STAT? liefert den Wert „0“ (OFF) oder „1“ (ON) zurück.

CAL:SETup <0|1|2|3| . . . |94>
CAL:SETup?

Dieser Befehl konfiguriert den internen Status des Funktionsgenerators für jeden der auszuführenden Kalibrierschritte. Der Abfragebefehl :SET? fragt die Kalibrier-Setup-Nummer ab und meldet einen Wert zwischen „0“ und „94“.

CAL:VALue <*Wert*>
CAL:VALue?

Dieser Befehl spezifiziert den Wert des bekannten Kalibriersignals. (Einzelheiten hierzu siehe Beschreibung der Kalibrierprozeduren im *Service Guide* zum Agilent 33220A). Konfigurieren Sie für jeden der auszuführenden Kalibrierschritte den internen Zustand des Funktionsgenerators mit dem Befehl CAL:SET. Der Abfragebefehl :VAL? liefert eine Zahl im Format „+1.0000000000000E+01“ zurück.

CAL?

Dieser Befehl initiiert eine Kalibrierung unter Verwendung des mit dem Befehl CAL:VAL spezifizierten Kalibrierwertes. Erst nach Eingabe des richtigen Sicherheitscodes können Sie den Funktionsgenerator kalibrieren. Nach Abschluss der Kalibrierung wird der Wert „+0“ (PASS) oder „+1“ (FAIL) zurückgeliefert.

CAL:SECure:CODE <*Neuer Code*>

Dieser Befehl gibt einen neuen Kalibrierschutzcode ein. Zum Ändern des Kalibrierschutzcodes müssen Sie zuerst den Kalibrierschutz unter

Verwendung des alten Codes deaktivieren und dann einen neuen Code eingeben. Der Kalibrierschutzcode wird *nichtflüchtig* gespeichert.

- Der Kalibrierschutzcode kann aus maximal 12 Zeichen bestehen. Das erste Zeichen *muss ein Buchstabe (A-Z) sein;* die übrigen Zeichen können Buchstaben, Ziffern (0-9) oder das Unterstrich-Zeichen („_“) sein. Der Sicherheitscode kann auch kürzer als 12 Zeichen sein, aber das erste Zeichen *muss* auf jeden Fall ein Buchstabe sein.

`CAL:COUNt?`

Dieser Befehl fragt ab, wie oft der Funktionsgenerator kalibriert wurde. Beachten Sie, dass das Gerät auch vor der Auslieferung kalibriert wurde. Wenn Sie das Gerät erhalten, sollten Sie den Kalibrierungszähler ablesen und seinen anfänglichen Stand notieren.

- Der Kalibrierzählerstand wird *nichtflüchtig* gespeichert. Der Kalibrierungszähler zählt bis 65.535 und springt dann wieder auf 0 zurück. Da der Kalibrierungszähler bei jedem Kalibrierungspunkt um 1 erhöht wird, kann der Zählerstand durch eine Kalibrierung um mehrere Punkte steigen.

`CAL:STRing` <*String in Anführungszeichen*>
`CAL:STRing?`

Dieser Befehl speichert eine Kalibrierungsmeldung in den *nichtflüchtigen* Kalibrierspeicher ab. Beim Abspeichern einer Kalibrierungsmeldung wird die vorige Kalibrierungsmeldung überschrieben. Der Abfragebefehl `:STR?` liefert die Kalibrierungsmeldung (in Form eines in Anführungszeichen eingeschlossenen Strings) zurück.

- Die Kalibrierungsmeldung kann bis zu 40 Zeichen enthalten (überzählige Zeichen werden abgeschnitten). Beispiel:

```
CAL:STR 'Cal Due: 01 June 2003'
```

- Sie können die Kalibrierungsmeldung *nur* über die Fernsteuerungsschnittstelle einspeichern und *nur* wenn der Kalibrierschutz deaktiviert ist. Sie können die Kalibrierungsmeldung sowohl über die Frontplatte als auch über die Fernsteuerungsschnittstelle abfragen. Das *Lesen* der Kalibrierungsnachricht ist auch bei aktiviertem Kalibrierschutz möglich.

Einführung in die Befehlssprache SCPI

SCPI (*Standard Commands for Programmable Instruments*) ist eine ASCII-basierte Befehlssprache zur Steuerung von Test- und Messgeräten. Der Abschnitt „Grundlagen der Programmierung“, beginnend auf Seite 181, bietet eine Einführung in die Grundtechniken der Fernprogrammierung des Funktionsgenerators.

SCPI-Befehle basieren auf einer hierarchischen Struktur, die auch als *Baumsystem* bezeichnet wird. Hierbei sind zusammengehörige Befehle jeweils unter einem gemeinsamen Knoten zu einem *Subsystem* zusammengefasst. Zur Veranschaulichung ist nachfolgend ein Ausschnitt aus dem SOURce-Subsystem dargestellt.


```
SOURce:
   FREQuency
      :STARt {<Frequenz>|MINimum|MAXimum}
      :STARt? [MINimum|MAXimum]

   FREQuency
      :STOP {<Frequenz>|MINimum|MAXimum}
      :STOP? [MINimum|MAXimum]

   SWEep
      :SPACing {LINear|LOGarithmic}
      :SPACing?

   SWEep
      :TIME {<Sekunden>|MINimum|MAXimum}
      :TIME? [MINimum|MAXimum]

   SWEep
      :STATe {OFF|ON}
      :STATe?
```

SOURce ist das primäre Schlüsselwort dieses Befehls; Frequenz und SWEep sind sekundäre Schlüsselwörter, und STARt und STOP sind tertiäre Schlüsselwörter. Schlüsselwörter verschiedener Ebenen werden durch einen Doppelpunkt (:) voneinander getrennt.

Konventionen zur Darstellung von SCPI-Befehlen in diesem Handbuch

In diesem Handbuch werden SCPI-Befehle in folgendem Format dargestellt:

```
FREQuency {<Frequenz>|MINimum|MAXimum}
```

Die Befehlssyntax zeigt die meisten Befehle (und einige Parameter) in gemischter Groß-/Kleinschreibung. Die Großbuchstaben stellen die Kurzform des Befehls dar. Die Kurzform ergibt kürzere Programme, die Langform hingegen besser lesbare Programme.

Im obigen Beispiel ist sowohl die Kurzform `FREQ` als auch die Langform `FREQUENCY` zulässig. Sie können wahlweise Groß- oder Kleinbuchstaben verwenden. Die Formen `Frequenz`, `freq` und `Freq` sind beide zulässig. Andere Abkürzungsformen wie z. B. `FRE` oder `FREQUEN` führen zu einer Fehlermeldung.

- *Geschweifte Klammern* (**{ }**) umschließen die für einen Befehl verfügbaren Parameter. Die geschweiften Klammern sind *nicht* Bestandteil des Befehlsstrings.
- Ein *senkrechter* Strich (**|**) trennt mehrere alternative Parameter voneinander.
- *Spitze Klammern* (**< >**) zeigen an, dass für den betreffenden Parameter ein Wert spezifiziert werden muss. Im obigen Beispiel ist der Parameter *Frequenz* in spitze Klammern eingeschlossen. Die geschweiften Klammern sind *nicht* Bestandteil des Befehlsstrings. Sie müssen deshalb für diesen Parameter einen Wert spezifizieren (beispielsweise `"FREQ 5000"`).
- Einige Parameter sind in *eckige Klammern* (**[ ]**) eingeschlossen. Die eckigen Klammern zeigen an, dass der betreffende Parameter optional ist, also weggelassen werden kann. Die geschweiften Klammern sind *nicht* Bestandteil des Befehlsstrings. Wenn Sie für einen optionalen Parameter keinen Wert spezifizieren, verwendet der Funktionsgenerator den jeweiligen Standardwert.

Befehlstrennzeichen

Ein Befehlsschlüsselwort wird von einem Schlüsselwort der darunterliegenden Ebene durch einen *Doppelpunkt* (**:**) getrennt. Zwischen Schlüsselwort und Parameter muss ein *Leerzeichen* stehen. Wenn ein Befehl mehrere Parameter erfordert, müssen diese jeweils durch ein *Komma* voneinander getrennt werden. Beispiel:

```
"APPL:SIN 5 KHZ, 3.0 VPP, -2.5 V"
```

Zwei Befehle innerhalb des gleichen Subsystems werden durch einen *Strichpunkt* (**;**) voneinander getrennt. Dadurch ist es möglich, mehrere Befehle in einer Zeile zusammenzufassen. Beispielsweise ist der folgende Befehlsstring:

```
"FREQ:START 10; STOP 1000"
```

... gleichwertig zu den beiden folgenden Befehlen:

```
"FREQ:START 10"
"FREQ:STOP 1000"
```


Befehle aus *unterschiedlichen Subsystemen* müssen durch durch einen Doppelpunkt *und* einen Strichpunkt voneinander getrennt werden. Das nachfolgende Beispiel demonstriert dies. (Wenn Sie in diesem Beispiel nicht Doppelpunkt *und* Strichpunkt zusammen verwenden, erhalten Sie eine Fehlermeldung):

```
"SWE:STAT ON;:TRIG:SOUR EXT"
```

Parameter *MIN* und *MAX*

Bei vielen Befehlen können Sie anstelle eines expliziten Parameterwertes auch „MINimum“ oder „MAXimum“ einsetzen. Beispiel:

```
FREQuency {<Frequenz>|MINimum|MAXimum}
```

Statt einen bestimmten Frequenzwert zu spezifizieren, können Sie durch „MINimum“ den minimal möglichen Frequenzwert oder durch „MAXimum“ den maximal möglichen Frequenzwert programmieren.

Abfrage von Parameterwerten

Sie können die Werte der meisten Parameter abfragen, indem Sie an den betreffenden Befehl ein *Fragezeichen* („**?**“) anfügen. Der nachfolgende Befehl, beispielsweise, spezifiziert eine Ausgangsfrequenz von 5 kHz:

```
"FREQ 5000"
```

Mit dem folgenden Befehl können Sie die Ausgangsfrequenz abfragen:

```
"FREQ?"
```

Mit folgenden Befehlen können Sie die minimal oder maximal zulässige Ausgangsfrequenz abfragen:

```
"FREQ? MIN"
"FREQ? MAX"
```

SCPI-Befehlsabschlusszeichen

Ein an den Funktionsgenerator gesendeter Befehlsstring *muss* mit einem <*Zeilenvorschub*>-Zeichen enden. Die IEEE-488-Nachricht *EOI* (End-Or-Identify) wird als ein <*Zeilenvorschub*>-Zeichen interpretiert und kann anstelle eines <*Zeichenvorschub*>-Zeichens zum Abschließen eines Befehls verwendet werden. Ein <*Wagenrücklauf*>-Zeichen, gefolgt von einem <*Zeilenvorschub*>-Zeichen ist ebenfalls zulässig. Der Abschluss eines Befehlsstrings setzt *immer* den momentanen SCPI-Pfad auf die oberste Ebene zurück.

IEEE 488.2-Universalbefehle

Der Standard IEEE-488.2 definiert einen Satz von *Universalbefehlen* („common commands“) für Funktionen wie z. B. Reset, Selbsttest oder Status-Operationen. Universalbefehle beginnen stets mit einem Sternchen (*****), sind drei Zeichen lang und können einen oder mehrere Parameter enthalten. Das Befehlsschlüsselwort ist vom ersten Parameter durch ein *Leerzeichen* getrennt. Mehrere aufeinanderfolgende Universalbefehle werden durch *Strichpunkte* (**;**) voneinander getrennt. Beispiel:

```
"*RST; *CLS; *ESE 32; *OPC?"
```

SCPI-Parametertypen

Die Befehlssprache SCPI definiert verschiedene Datenformate für die Verwendung in Programmier- und Antwortnachrichten.

Numerische Parameter Befehle mit numerischen Parametern akzeptieren alle gängigen dezimalen Zahlendarstellungen einschließlich optionalem Vorzeichen, Dezimalpunkt und wissenschaftlicher Darstellung (Fließkomma). Auch generische Werte für numerische Parameter wie `MINimum`, `MAXimum` oder `DEFault` werden akzeptiert. Numerische Parameter können zusammen mit einer Maßeinheit (beispielsweise `Mhz` oder `Khz`) gesendet werden. Falls nur bestimmte numerische Werte

zulässig sind und ein davon abweichender Wert spezifiziert wird, wird dieser vom Funktionsgenerator automatisch auf den nächstliegenden zulässigen Wert gerundet. Hier ein Beispiel für einen Befehl mit numerischem Parameter:

```
FREQuency {<Frequenz>|MINimum|MAXimum}
```

Diskrete Parameter Diskrete Parameter werden dazu verwendet, Einstellungen zu programmieren, für die nur eine begrenzte Anzahl von Werten zur Auswahl stehen (beispielsweise `BUS`, `IMMediate`, `EXTernal`). Für diskrete Parameter existiert – wie für Befehlsschlüsselwörter – jeweils eine Kurzform und eine Langform. Groß- oder Kleinbuchstaben dürfen miteinander kombiniert werden. Rückmeldungen auf Abfragen ergeben stets die Kurzschreibweise in Großbuchstaben. Hier ein Beispiel für einen Befehl mit diskreten Parametern:

```
SWEep:SPACing {LINear|LOGarithmic}
```

Boolesche Parameter Boolesche Parameter repräsentieren einen binären Zustand und können den Wert TRUE (wahr) oder FALSE (falsch) haben. Anstelle des Wertes FALSE akzeptiert der Funktionsgenerator auch den Wert „OFF“ oder „0“. Anstelle des Wertes TRUE akzeptiert der Funktionsgenerator auch den Wert „ON“ oder „1“. Bei der Abfrage eines Boolschen Parameters liefert der Funktionsgenerator *stets* den Wert „0“ oder „1“ zurück. Hier ein Beispiel für einen Befehl mit booleschem Parameter:

```
AM:STATe {OFF|ON}
```

String-Parameter String-Parameter können fast jede beliebige Folge von ASCII-Zeichen enthalten. Ein String *muss* von zueinander passenden Anführungszeichen eingeschlossen sein; es sind sowohl einfache als auch doppelte Anführungszeichen zulässig. Sie können das gleiche Anführungszeichen auch innerhalb des Strings als Zeichen verwenden, indem Sie es zweimal nacheinander ohne Zwischenraum schreiben. Hier ein Beispiel für einen Befehl mit String-Parameter:

```
DISPlay:TEXT <String in Anführungszeichen>
```

Der Befehl „Device Clear“

Mit der IEEE-488-Low-Level-Busnachricht „Device Clear“ können Sie die GPIB-Schnittstelle des Funktionsgenerators initialisieren, um sicherzustellen, dass nachfolgende Befehle korrekt empfangen und verarbeitet werden. Mit welchem hochsprachlichen Befehl Sie auf diesen Low-Level-Befehl zugreifen können, ist von der verwendeten Programmiersprache und IEEE-488-Schnittstellenkarte abhängig. Statusregister, Fehlermeldungspuffer und Konfigurationsdaten werden durch den Befehl „Device Clear“ nicht beeinflusst. Der Befehl „Device Clear“ bewirkt folgendes:

- Die Eingangs- und Ausgangspuffer des Frequenzs werden geleert.
- Der Funktionsgenerator wird für den Empfang eines neuen Befehlsstrings vorbereitet.
- Falls gerade ein überlappter Befehl ausgeführt wird, wird dieser beendet, ohne dass „Operation Complete“ angezeigt wird (betrifft den Befehl `*TRG`). Falls gerade ein Wobbelzyklus oder Burst ausgeführt wird, wird dieser sofort abgebrochen.

Meldungen und Fehlermeldungen

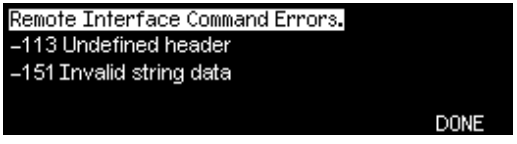
Fehlermeldungen

- Den Inhalt der Fehlerwarteschlange können Sie abfragen. Bei der Fehlerwarteschlange handelt es sich um einen FIFO- (First-in-first-out) Speicher. Das bedeutet, dass die erste eingespeicherte Fehlermeldung auch als erste ausgegeben wird. Beim Abfragen der Fehlermeldungen werden diese aus der Fehlerwarteschlange gelöscht. Beim Auftreten eines Fehlers ertönt ein Piepton (es sei denn, Sie haben den Piepton deaktiviert).

- Wenn mehr als 20 Fehler aufgetreten sind, wird die als letzte gespeicherte Fehlermeldung (über den zuletzt aufgetretenen Fehler) durch die Meldung „*Queue overflow*“ (FIFO-Speicher-Überlauf) ersetzt. Ab diesem Zeitpunkt werden so lange keine weiteren Fehlermeldungen mehr abgespeichert, bis Sie gespeicherte Fehlermeldungen abfragen und dadurch aus der Fehlerwarteschlange löschen. Falls die Fehlerwarteschlange beim Auslesen keine Fehlermeldungen enthält, erfolgt die Meldung „*No error*“ (kein Fehler).

- Die Fehlerwarteschlange wird durch den Befehl `*CLS` (Clear Status) sowie beim Aus- und Wiedereinschalten des Gerätes gelöscht. Auch durch das Auslesen von Fehlermeldungen werden diese aus der Fehlerwarteschlange gelöscht. Durch einen Reset (Befehl `*RST`) wird die Fehlerwarteschlange *nicht* gelöscht.

- *Manuelle Bedienung*: Drücken Sie Help, und wählen Sie dann den Menüpunkt „*Fehlerwarteschlange für externe Befehle anzeigen*“ (zweiter Menüpunkt). Drücken Sie anschließend zur Anzeige der Fehlermeldungen den Softkey **SELECT**. Der erste Fehler in der Liste (d. h. der Fehler an oberster Stelle der Liste) ist der als erster aufgetretene Fehler.



- *Fernsteuerung*:

  `SYSTem:ERRor?` *Dieser Abfragebefehl liest eine Fehlermeldung aus der Fehlerwarteschlange.*

  Fehlermeldungen haben das folgende Format (der Fehlermeldungsstring kann bis zu 255 Zeichen enthalten).

```
-113,"Undefined header"
```

Hinweis: *Manche Fehlernummern können mehrere Ursachen haben. Der String hat einen festen Anfangsteil, den alle Fehler mit der gleichen Nummer gemeinsam haben. In vielen Fällen werden zusätzliche situationsbedingte Informationen nach einem Strichpunkt („;“) angefügt. So liegen etwa für den Fehler Nummer -221 mehrere Ursachen vor. Beispiel:*

```
-221,"Settings conflict; burst count reduced"
```

(widersprüchliche Einstellungen; Burst-Anzahl verkleinert)

Syntaxfehler

-101 **Invalid character**
Der Befehlsstring enthält ein ungültiges Zeichen. Das Befehls-Schlüsselwort oder ein Parameter enthält ein ungültiges Zeichen, beispielsweise #, $ oder %. *Beispiel*: `TRIG:SOUR BUS#`

-102 **Syntax error**
Der Befehl enthält einen Syntaxfehler. Eventuell enthält das Schlüsselwort ein Leerzeichen vor oder nach einem Doppelpunkt, oder vor einem Komma. *Beispiel*: `APPL:SIN ,1`

-103 **Invalid character**
Der Befehlsstring enthält ein ungültiges Trennzeichen. Eventuell enthält der Befehl ein Komma anstelle eines Doppelpunkts, Strichpunkts oder Leerzeichens; oder ein Leerzeichen anstelle eines Kommas.
Beispiele: `TRIG:SOUR,BUS` *or* `APPL:SIN 1 1000`

-105 **GET not allowed**
Ein Group Execute Trigge (`GET`) ist innerhalb eines Befehlsstrings nicht erlaubt.

-108 **Parameter not allowed**
Der Befehlsstring enthält mehr Parameter als erlaubt sind. Es wurde eventuell ein überzähliger Parameter spezifiziert, oder für einen Befehl, der keinen Parameter erlaubt, ein Parameter spezifiziert.
Beispiel: `APPL? 10`

-109 **Missing parameter**
Der Befehlsstring enthält weniger Parameter als erwartet. Es wurden ein oder mehrere obligatorische Parameter weggelassen.
Beispiel: `OUTP:LOAD`

-112 **Program mnemonic too long**
Das Befehlsschlüsselwort enthält mehr als die maximal zulässige Anzahl von Zeichen (12). Dieser Fehler wird auch gemeldet, wenn ein alphabetischer Parameter zu lang ist.
Beispiel: `OUTP:SYNCHRONIZATION ON`

-113 **Undefined header**
Es wurde ein Befehl empfangen, der für dieses Gerät nicht gültig ist. Eventuell handelt es sich um einen Tippfehler, oder es wurde ein unzulässiger Befehl verwendet. Falls Sie die Kurzform eines Befehls verwenden, versichern Sie sich, dass die Abkürzung korrekt ist.
Beispiel: `TRIGG:SOUR BUS`

-123 **Exponent too large**
Der Exponent eines numerischen Parameters ist größer als 32 759.
Beispiel: `BURS:NCYCL 1E34000`

-124 **Too many digits**
Die Mantisse eines numerischen Parameters enthält mehr als 255 Ziffern (ausschließlich führender Nullen).

-128 **Numeric data not allowed**
Es wurde ein numerischer Parameter empfangen, jedoch ein String erwartet. *Beispiel*: `DISP:TEXT 123`

-131 **Invalid suffix**
Zu einem numerischen Parameter wurde ein ungültiger Suffix spezifiziert. Eventuell handelt es sich um einen Tippfehler.
Beispiel: `SWE:TIME 0.5 SECS`

-138 **Suffix not allowed**
Dieser Befehl erlaubt keinen Suffix. *Beispiel*: `BURS:NCYC 12 CYC`

-148 **Character data not allowed**
Es wurde ein diskreter Parameter empfangen, jedoch ein String oder numerischer Parameter erwartet. Überprüfen Sie die Parameterliste.
Beispiel: `DISP:TEXT ON`

-151 **Invalid string data**
Es wurde ein ungültiger String empfangen. Überprüfen Sie, ob der String in Anführungszeichen eingeschlossen ist und ausschließlich gültige ASCII-Zeichen enthält.
Beispiel: `DISP:TEXT 'TESTING` (das schließende Anführungszeichen fehlt)

-158 **String data not allowed**
Es wurde ein String empfangen, obwohl für den Befehl kein String zulässig ist. Überprüfen Sie die Parameterliste dahingehend, ob ein gültiger Parametertyp verwendet wurde. *Beispiel*: `BURS:NCYC 'TEN'`

-161 **Invalid block data**
Betrifft nur den Befehl `DATA:DAC VOLATILE`.
Bei einem Block bestimmter Länge stimmt die Anzahl der gesendeten Bytes nicht mit der im Block-Header spezifizierten Anzahl von Bytes überein. Bei einem Block unbestimmter Länge wurde ein EOI- (End-or-Identify) Signal ohne zugehöriges <*Zeilenvorschub*>-Zeichen empfangen.

-168 **Block data not allowed**
Es wurden Daten im Arbiträr-Blockformat zum Funktionsgenerator gesendet, aber dieses Format ist für den betreffenden Befehl nicht zulässig. Überprüfen Sie, ob der zum Befehl passende Datentyp gesendet wurde.
Beispiel: `BURS:NCYC #10`

-170 bis -178 **Expression errors**
Der Funktionsgenerator akzeptiert keine mathematischen Ausdrücke.

Ausführungsfehler

-211 **Trigger ignored**
Ein „Group Execute Trigger"-Befehl (`GET`) oder `*TRG`-Befehl wurde empfangen, der Trigger wurde jedoch ignoriert. Vergewissern Sie sich, dass Sie die korrekte Triggerquelle gewählt haben und die Wobbel- oder Burst-Betriebsart aktiv ist.

-223 **Too much data**
Es wurde ein Arbiträrsignal spezifiziert, das mehr als 65536 Signalpunkte enthält. Überprüfen Sie die Anzahl der Punkte im Befehl `DATA VOLATILE` oder `DATA:DAC VOLATILE`.

-221 **Settings conflict;**
turned off infinite burst to allow immediate trigger source
Eine unendliche Anzahl von Bursts ist nur in der Triggerbetriebsart *external* oder *bus* (Software) erlaubt. Die Burst-Anzahl wurde auf den Maximalwert für N Cycle (50 000 Zyklen) reduziert.

-221 **Settings conflict;**
infinite burst changed trigger source to BUS
Eine unendliche Anzahl von Bursts ist nur in der Triggerbetriebsart *external* oder *bus* (Software) erlaubt. Der Funktionsgenerator hat den Befehl `BURS:NCYC INF` empfangen; die Triggerquelle wurde automatisch von *immediate* auf *bus* abgeändert.

-221 **Settings conflict;**
burst period increased to fit entire burst
Die mit dem Befehl `BURS:NCYC` spezifiziert Anzahl von Zyklen hat Vorrang gegenüber der Burst-Periode (solange die Burst-Periode kleiner als der Maximalwert ist). Die Burst-Periode wurde automatisch vergrößert, damit sie mit der spezifizierten Burst-Anzahl oder Signalfrequenz vereinbar ist.

-221 **Settings conflict;**
burst count reduced to fit entire burst
Weil die Burst-Periode nicht weiter vergrößert werden kann, wurde die Burst-Anzahl automatisch reduziert, damit sie mit der spezifizierten Signalfrequenz vereinbar ist.

-221 **Settings conflict;**
triggered burst not available for noise
Die Ausgangsfunktion „Noise“ ist in der Burst-Betriebsart *triggered* nicht verfügbar. Die Ausgangsfunktion „Noise“ ist nur in der Burst-Betriebsart *gated* verfügbar.

-221 **Settings conflict;**
amplitude units changed to Vpp due to high-Z load
Die Ausgangseinheit (Befehl `VOLT:UNIT`) „dBm“ ist nicht verfügbar, wenn der Lastwiderstand „high impedance“ (Befehl `OUTP:LOAD`) spezifiziert wurde. Die Einheit wurde automatisch auf „Vpp“ abgeändert.

-221 **Settings conflict;**
trigger output disabled by trigger external
Wenn die Triggerquelle *external* gewählt wird (Befehl `TRIG:SOUR EXT`), wird das „Trigger out“-Signal automatisch deaktiviert. Der rückwärtige *Trig*-Anschluss kann nicht für beide Operationen gleichzeitig verwendet werden.

-221 **Settings conflict;**
trigger output connector used by FSK
Wenn die FSK-Modulation aktiv ist und die Quelle *external* gewählt wurde (Befehl `FSK:SOUR EXT`), kann das „Trigger out“-Signal nicht aktiviert werden (Befehl `OUTP:TRIG ON`). Der rückseitige Anschluss *Trig* kann nicht gleichzeitig als Ein- und Ausgang verwendet werden.

-221 **Settings conflict;**
trigger output connector used by burst gate
Wenn die Burst-Betriebsart „gated“ gewählt wurde (Befehl `BURS:MODE GAT`) und der Burst aktiv ist, kann das „Trigger out“-Signal nicht aktiviert werden (Befehl `OUTP:TRIG ON`). Der rückseitige Anschluss *Trig* kann nicht gleichzeitig als Eingang und als Ausgang verwendet werden.

-221 **Settings conflict;**
trigger output connector used by trigger external
Wenn die Triggerquelle *external* gewählt wird (Befehl `TRIG:SOUR EXT`), wird das „Trigger out“-Signal automatisch deaktiviert. Der rückseitige Anschluss *Trig* kann nicht gleichzeitig als Eingang und als Ausgang verwendet werden.

-221 **Settings conflict;**
frequency reduced for user function
Die maximale Ausgangsfrequenz für Arbiträrsignale beträgt 6 MHz. Wenn Sie von einer Ausgangsfunktion, die eine höhere Frequenz erlaubt, auf die Arbiträrsignalfunktion umschalten (Befehl APPL:USER oder FUNC:USER) und eine Ausgangsfrequenz von mehr als 25 MHz eingestellt ist, wird die Ausgangsfrequenz automatisch auf 6 MHz reduziert.

-221 **Settings conflict;**
frequency changed for pulse function
Die maximale Ausgangsfrequenz für Pulssignale beträgt 5 MHz. Wenn Sie von einer Ausgangsfunktion, die eine höhere Frequenz erlaubt, auf die Pulsfunktion umschalten (Befehl APPL:PULS oder FUNC:PULS) und eine Ausgangsfrequenz von mehr als 5 MHz eingestellt ist, wird die Ausgangsfrequenz automatisch auf 5 MHz reduziert.

-221 **Settings conflict;**
frequency reduced for ramp function
Die maximale Ausgangsfrequenz für Sägezahnsignale beträgt 200 kHz. Wenn Sie von einer Ausgangsfunktion, die eine höhere Frequenz erlaubt, auf die Pulsfunktion umschalten (Befehl APPL:RAMP oder FUNC:RAMP) und eine Ausgangsfrequenz von mehr als 200 kHz eingestellt ist, wird die Ausgangsfrequenz automatisch auf 200 kHz reduziert.

-221 **Settings conflict;**
frequency made compatible with burst mode
Die minimale Frequenz für intern getriggerte Bursts beträgt 2,001 mHz. Die Frequenz wurde automatisch abgeändert, damit sie mit den aktuellen Einstellungen verträglich ist.

-221 **Settings conflict;**
burst turned off by selection of other mode or modulation
Es kann immer nur jeweils eine Modulations-, Wobbel- oder Burst-Betriebsart aktiv sein. Wenn Sie eine Modulations-, Wobbel- oder Burst-Betriebsart aktivieren, werden alle anderen deaktiviert.

-221 **Settings conflict;**
FSK turned off by selection of other mode or modulation
Es kann immer nur jeweils eine Modulations-, Wobbel- oder Burst-Betriebsart aktiv sein. Wenn Sie eine Modulations-, Wobbel- oder Burst-Betriebsart aktivieren, werden alle anderen deaktiviert.

-221 **Settings conflict;**
FM turned off by selection of other mode or modulation
Es kann immer nur jeweils eine Modulations-, Wobbel- oder Burst-Betriebsart aktiv sein. Wenn Sie eine Modulations-, Wobbel- oder Burst-Betriebsart aktivieren, werden alle anderen deaktiviert.

--221 **Settings conflict;**
AM turned off by selection of other mode or modulation
Es kann immer nur jeweils eine Modulations-, Wobbel- oder Burst-Betriebsart aktiv sein. Wenn Sie eine Modulations-, Wobbel- oder Burst-Betriebsart aktivieren, werden alle anderen deaktiviert.

-221 **Settings conflict;**
PM turned off by selection of other mode or modulation
Es kann immer nur jeweils eine Modulations-, Wobbel- oder Burst-Betriebsart aktiv sein. Wenn Sie eine Modulations-, Wobbel- oder Burst-Betriebsart aktivieren, werden alle anderen deaktiviert.

-221 **Settings conflict;**
PWM turned off by selection of other mode or modulation
Es kann immer nur jeweils eine Modulations-, Wobbel- oder Burst-Betriebsart aktiv sein. Wenn Sie eine Modulations-, Wobbel- oder Burst-Betriebsart aktivieren, werden alle anderen deaktiviert.

-221 **Settings conflict;**
sweep turned off by selection of other mode or modulation
Es kann immer nur jeweils eine Modulations-, Wobbel- oder Burst-Betriebsart aktiv sein. Wenn Sie eine Modulations-, Wobbel- oder Burst-Betriebsart aktivieren, werden alle anderen deaktiviert.

-221 **Settings conflict;**
not able to modulate this function
Die Signalformen „Pulse“, „Noise“ und „DC“ können nicht AM-, FM-, PM- oder FSK-moduliert werden.

-221 **Settings conflict;**
PWM only available in pulse function
Nur die Signalform „Pulse“ kann PWM-moduliert werden.

-221 **Settings conflict;**
not able to sweep this function
Die Signalformen „Pulse“, „Noise“ und „DC“ können nicht gewobbelt werden.

-221 **Settings conflict;**
not able to burst this function
Die Signalform „DC“ kann nicht als Burst ausgegeben werden.

-221 **Settings conflict;**
not able to modulate noise, modulation turned off
Die Signalform „Rauschen“ kann nicht moduliert werden. Die gewählte Modulationsbetriebsart wurde deaktiviert.

-221 **Settings conflict;**
not able to sweep pulse, sweep turned off
Die Signalform „Pulse“ kann nicht gewobbelt werden. Die Wobbelbetriebsart wurde deaktiviert.

-221 **Settings conflict;**
not able to modulate dc, modulation turned off
Die Signalform „DC“ kann nicht moduliert werden. Die gewählte Modulationsbetriebsart wurde deaktiviert.

-221 **Settings conflict;**
not able to sweep dc, sweep turned off
Die Signalform „DC“ kann nicht gewobbelt werden. Die Wobbelbetriebsart wurde deaktiviert.

-221 **Settings conflict;**
not able to burst dc, burst turned off
Die Signalform „DC“ kann nicht als Burst ausgegeben werden. Die Burst-Betriebsart wurde deaktiviert.

-221 **Settings conflict;**
not able to sweep noise, sweep turned off
Die Signalform „Noise“ kann nicht gewobbelt werden. Die Wobbelbetriebsart wurde deaktiviert.

-221 **Settings conflict;**
pulse width decreased due to period
Falls in der Pulsbetriebsart die spezifizierte Kombination von Signalparametern ungültig ist, werden die Parameter automatisch so abgeändert, dass sich eine gültige Kombination ergibt. Die Änderung erfolgt in der folgenden Reihenfolge: (1) Flankenzeit, (2) Pulsbreite oder Tastverhältnis, (3) Periode.

Die obige Fehlermeldung besagt,dass der Funktionsgenerator die Pulsbreite automatisch reduziert hat, damit sie mit der spezifizierten Periode vereinbar ist (die Flankenzeit kann nicht weiter verringert werden).

-221 **Settings conflict;**
pulse duty cycle decreased due to period
Falls in der Pulsbetriebsart die spezifizierte Kombination von Signalparametern ungültig ist, werden die Parameter automatisch so abgeändert, dass sich eine gültige Kombination ergibt. Die Änderung erfolgt in der folgenden Reihenfolge: (1) Flankenzeit, (2) Pulsbreite oder Tastverhältnis, (3) Periode.

Die obige Fehlermeldung besagt, dass der Funktionsgenerator das Pulstastverhältnis automatisch reduziert hat, damit es mit der spezifizierten Periode vereinbar ist (die Flankenzeit kann nicht weiter verringert werden).

-221 **Settings conflict;**
edge time decreased due to pulse period
Falls in der Pulsbetriebsart die spezifizierte Kombination von Signalparametern ungültig ist, werden die Parameter automatisch so abgeändert, dass sich eine gültige Kombination ergibt. Die Änderung erfolgt in der folgenden Reihenfolge: (1) Flankenzeit, (2) Pulsbreite oder Tastverhältnis, (3) Periode.

Die obige Fehlermeldung besagt, dass der Funktionsgenerator die Flankenzeit automatisch verringert hat, damit sie unter Beibehaltung der Pulsbreite mit der spezifizierten Periode vereinbar ist.

-221 **Settings conflict;**
pulse width increased due to large period
Bei einem Pulssignal beträgt die minimale Pulsbreite 20 ns für Perioden bis zu 10 Sekunden. Für Periodenwerte über 10 Sekunden ist die minimale Pulsbreite größer. Der Funktionsgenerator hat die Pulsbreite automatisch auf das neue, durch die aktuelle Periode festgelegte Minimum gesetzt. Weitere Informationen hierzu finden Sie in Kapitel 4, „Puls-Konfigurationsbefehle“.

-221 **Settings conflict;**
edge time decreased due to pulse width
Falls in der Pulsbetriebsart die spezifizierte Kombination von Signalparametern ungültig ist, werden die Parameter automatisch so abgeändert, dass sich eine gültige Kombination ergibt: Die Änderung erfolgt in der folgenden Reihenfolge: (1) Flankenzeit, (2) Pulsbreite oder Tastverhältnis, (3) Periode.

Die obige Fehlermeldung besagt, dass der Funktionsgenerator die Flankenzeit automatisch verringert hat, damit sie mit der spezifizierten Pulsbreite vereinbar ist.

$$\text{Flankenzeit} \leq 0{,}625 \times \text{Pulsbreite}$$

-221 **Settings conflict;**
edge time decreased due to pulse duty cycle
Falls in der Pulsbetriebsart die spezifizierte Kombination von Signalparametern ungültig ist, werden die Parameter automatisch so abgeändert, dass sich eine gültige Kombination ergibt: Die Änderung erfolgt in der folgenden Reihenfolge: (1) Flankenzeit, (2) Pulsbreite oder Tastverhältnis, (3) Periode.

Die obige Fehlermeldung besagt, dass der Funktionsgenerator die Flankenzeit automatisch verringert hat, damit sie mit dem spezifizierten Tastverhältnis des Pulssignals vereinbar ist.

$$\text{Flankenzeit} \leq 0.625 \times \text{Periode} \times \text{Tastverhältnis} \div 100$$

-221 **Settings conflict;**
amplitude changed due to function
In bestimmten Fällen wird der Amplitudenbereich durch die gewählte Amplitudenmaßeinheit eingeschränkt. Dies kann geschehen, wenn Sie die Amplitudeneinheit *Vrms* oder *dBm* gewählt haben, und ist darauf zurückzuführen, dass der Scheitelfaktor des Ausgangssignals von der Signalform abhängig ist. Beispiel: Das Gerät ist für die Ausgabe eines Rechtecksignals mit einer Effektivspannung von 5 Vrms (an 50 Ohm) konfiguriert. Wenn Sie dann auf Sinus umschalten, wird die Amplitude automatisch auf 3.536 Vrms abgeändert (dies ist die maximal mögliche Effektivspannung für Sinussignale).

-221 **Settings conflict;**
offset changed on exit from dc function
Wenn die Ausgangsfunktion „DC“ gewählt wurde, wird der auszugebende Gleichspannungswert durch den Offsetspannungswert bestimmt (die spezifizierte Amplituden ist in diesem Fall ohne Bedeutung). Wenn Sie auf eine andere Ausgangsfunktion umschalten, wird die Offsetspannung, falls erforderlich, automatisch auf einen mit der aktuellen Amplitudeneinstellung vereinbaren Wert abgeändert.

-221 **Settings conflict;**
FM deviation cannot exceed carrier
Die Trägerfrequenz darf nicht kleiner als der Frequenzhub sein. Wenn Sie bei aktiver Frequenzmodulation die Trägerfrequenz auf einen Wert unterhalb des Frequenzhub einstellen, wird der Frequenzhub automatisch auf den größten Wert abgeändert, der für die derzeitige Trägerfrequenz zulässig ist.

-221 **Settings conflict;**
FM deviation exceeds max frequency
Die Summe aus Trägerfrequenz und Frequenzhub darf nicht größer sein als die maximal zulässige Frequenz für die gewählte Funktion ***plus 100 kHz*** (20,1 MHz für Sinus und Rechteck; 300 kHz für Sägezahn; 5,1 MHz für Arbiträrsignale). Wenn Sie versuchen, die Trägerfrequenz auf einen unzulässigen Wert einzustellen, wird sie automatisch auf den größten Wert abgeändert, der für den derzeitigen Frequenzhub zulässig ist.

-221 **Settings conflict;**
PWM deviation decreased due to pulse parameters
Die im Zusammenhang mit der PWM auftretende Abweichung ist durch die Pulsbreite bzw. das Tastverhältnis, die Flankenzeit und die Periode beschränkt. Diese Abweichung (Pulsbreiten- oder Tastverhältnisabweichung) wird so angepasst, dass sie innerhalb dieser Grenzwerte bleibt. Weitere Informationen hierzu finden Sie in Kapitel 4, „PWM-Befehle“.

-221 **Settings conflict;**
frequency forced duty cycle change
Wenn Sie die Funktion Rechteck gewählt haben und anschließend eine Frequenz wählen, die mit dem aktuellen Tastverhältnis nicht kompatibel ist, wird das Tastverhältnis automatisch auf den größtmöglichen Wert reduziert, der für die neue Frequenz zulässig ist. Beispiel: Wenn Sie ein Tastverhältnis von 70 % wählen und dann die Frequenz auf

15 MHz abändern, wird das Tastverhältnis automatisch auf 60 % abgeändert (dies ist das maximal zulässige Tastverhältnis für diese Frequenz).

Tastverhältnis: 20 % bis 80 % (*Frequenz* ≤ 10 MHz)
40 % bis 60 % (*Frequenz* > 10 MHz)

-221 **Settings conflict;**
marker forced into sweep span
Die Marke muss innerhalb der Wobbelbandbreite, zwischen Start-Frequenz und Stopp-Frequenz liegen. Die Markenfrequenz wird in diesen Bereich gezwungen.

-221 **Settings conflict;**
selected arb is missing, changing selection to default
Wenn Sie nach dem Abspeichern des Gerätezustands ein Arbiträrsignal aus dem nichtflüchtigen Speicher löschen, gehen die Signaldaten verloren, und der Funktionsgenerator gibt bei einem späteren Zurückrufen des Gerätezustands das Signal *nicht* aus. Statt des gelöschten Signals wird das interne Arbiträrsignal „exponential rise“ ausgegeben.

-221 **Settings conflict;**
offset changed due to amplitude
Der Zusammenhang zwischen Offset-Spannung und Ausgangsamplitude wird durch die nachfolgende Gleichung beschrieben. Vmax ist die maximal mögliche Spitzenspannung bei dem gewählten Lastwiderstand (5 Volt für 50 Ω bzw. 10 Volt für hochohmige Last).
Falls die bestehende Offsetspannung nicht gültig ist, wird sie automatisch auf den maximalen Wert abgeändert, der für die spezifizierte Amplitude zulässig ist.

$$|\text{Voffset}| \leq \text{Vmax} - \frac{\text{V}pp}{2}$$

-221 **Settings conflict;**
amplitude changed due to offset
Der Zusammenhang zwischen Ausgangsamplitude und Offset-Spannung wird durch die untenstehende Gleichung beschrieben. Vmax ist die maximal mögliche Spitzenspannung bei dem gewählten Lastwiderstand (5 Volt für 50 Ω bzw. 10 Volt für hochohmige Last).
Falls die bestehende Amplitude nicht gültig ist, wird sie automatisch auf den maximalen Wert abgeändert, der für die spezifizierte Offsetspannung zulässig ist.

$$\text{Vpp} \leq 2 \times (\text{Vmax} - |\text{Voffset}|)$$

-221 **Settings conflict;**
low level changed due to high level
Sie können für „High“ und „Low“ positive oder negative Werte spezifizieren. Beachten Sie jedoch, dass der „High“-Wert stets größer als der „Low“-Wert sein *muss*. Wenn Sie einen „High“-Wert spezifizieren, der kleiner als der bestehende „Low“-Wert ist, wird der „Low“-Wert automatisch auf einen Wert 1 mV unter dem „High“-Wert eingestellt.

-221 **Settings conflict;**
high level changed due to low level
Sie können für „High“ und „Low“ positive oder negative Werte spezifizieren. Beachten Sie jedoch, dass der „High“-Wert stets größer als der „Low“-Wert sein *muss*. Wenn Sie einen „Low“-Wert spezifizieren, der größer als der bestehende „High”-Wert ist, wird der „High“-Wert automatisch auf einen Wert 1 mV über dem „Low“-Wert eingestellt.

-222 **Data out of range;**
value clipped to upper limit
Der spezifizierte Wert liegt außerhalb des vom Funktionsgenerator unterstützten Wertebereichs. Der Wert wurde automatisch auf den maximal zulässigen Wert abgeändert. *Beispiel*: `PHAS 1000`

-222 **Data out of range;**
value clipped to lower limit
Der spezifizierte Wert liegt außerhalb des vom Funktionsgenerator unterstützten Wertebereichs. Der Wert wurde automatisch auf den minimal zulässigen Wert abgeändert. *Beispiel*: `PHAS -1000`

-222 **Data out of range;**
pulse edge time limited by period; value clipped to upper limit
Die spezifizierte Flankenzeit muss mit der bestehenden Periode und Breite vereinbar sein. Der Funktionsgenerator beschränkt gegebenenfalls die Flankenzeit automatisch entsprechend der bestehenden Periode.

-222 **Data out of range;**
pulse width limited by period; value clipped to ...
Die spezifizierte Pulsbreite muss kleiner sein als die Differenz zwischen der *Periode* und der *Flankenzeit*; siehe nachfolgende Gleichung. Der Funktionsgenerator passt gegebenenfalls die Pulsbreite automatisch der spezifizierten Periode an.

$$\text{Pulsbreite} \leq \text{Periode} - (1{,}6 \times \text{Flankenzeit})$$

-222 **Data out of range;**
pulse duty cycle limited by period; value clipped to ...
Das spezifizierte Tastverhältnis des Pulssignals muss mit den folgenden Perioden- und Flankenzeitbeschränkungen vereinbar sein. Der Funktions-generator passt gegebenenfalls das Pulstastverhältnis automatisch der spezifizierten Periode an.

$$\text{Tastverhältnis} \leq 100 \times (\text{Periode} - (1{,}6 \times \text{Flankenzeit})) \div \text{Periode}$$

-222 **Data out of range;**
large period limits minimum pulse width
Bei einem Pulssignal beträgt die minimale Pulsbreite 20 ns für Perioden bis zu 10 Sekunden. Für Periodenwerte über 10 Sekunden ist die minimale Pulsbreite größer. Weitere Informationen hierzu finden Sie in Kapitel 4, „Puls-Konfigurationsbefehle“.

-222 **Data out of range;**
pulse edge time limited by width; value clipped to ...
Die spezifizierte Flankenzeit muss kleiner sein als die spezifizierte Pulsbreite; siehe nachfolgende Formel. Der Funktionsgenerator passt gegebenenfalls die Flankenzeit der spezifizierten Pulsbreite an.

$$\text{Flankenzeit} \leq 0{,}625 \times \text{Pulsbreite}$$

-222 **Data out of range;**
pulse edge time limited by duty cycle; value clipped to ...
Die spezifizierte Flankenzeit muss mit dem spezifizierten Tastverhältnis des Pulssignals vereinbar sein; siehe nachfolgende Formel. Der Funktionsgenerator passt gegebenenfalls die Flankenzeit dem spezifizierten Tastverhältnis des Pulssignals an.

$$\text{Flankenzeit} \leq 0{,}625 \times \text{Periode} \times \text{Tastverhältnis} \div 100$$

-222 **Data out of range;**
period; value clipped to ...
Diese generische Meldung besagt, dass die Pulsperiode automatisch auf einen oberen oder unteren Grenzwert begrenzt wurde.

-222 **Data out of range;**
frequency; value clipped to ...
Diese generische Meldung besagt, dass die Frequenz automatisch auf einen oberen oder unteren Grenzwert begrenzt wurde.

-222 **Data out of range;**
user frequency; value clipped to upper limit
Diese generische Meldung besagt, dass die Frequenz automatisch auf einen oberen Grenzwert begrenzt wurde, der durch das gewählte Arbiträrsignal (Befehl `APPL:USER` oder `FUNC:USER`) vorgegeben ist.

-222 **Data out of range;**
ramp frequency; value clipped to upper limit
Diese generische Meldung besagt, dass die Frequenz automatisch auf einen oberen Grenzwert begrenzt wurde, der durch die gewählte Ausgangsfunktion „Ramp“ (Befehl `APPL:RAMP` oder `FUNC:RAMP`) vorgegeben ist.

-222 **Data out of range;**
pulse frequency; value clipped to upper limit
Diese generische Meldung besagt, dass die Frequenz automatisch auf einen oberen Grenzwert begrenzt wurde, der durch die gewählte Ausgangsfunktion „Pulse“ (Befehl `APPL:PULS` **oder** `FUNC:PULS`) vorgegeben ist.

-222 **Data out of range;**
burst period; value clipped to ...
Diese generische Meldung besagt, dass die Burst-Periode automatisch auf einen oberen oder unteren Grenzwert begrenzt wurde.

-222 **Data out of range;**
burst count; value clipped to ...
Diese generische Meldung besagt, dass die Burst-Anzahl automatisch auf einen oberen oder unteren Grenzwert begrenzt wurde.

-222 **Data out of range;**
burst period limited by length of burst;
value clipped to lower limit
Es ist *nicht* möglich, eine Burst-Periode zu spezifizieren, die so kurz ist, dass die spezifizierte Anzahl von Bursts mit der spezifizierten Frequenz nicht ausgegeben werden kann (*siehe untenstehende Formel*). Falls Sie versuchen, eine zu kurze Burst-Periode zu spezifizieren, wird sie automatisch auf einen geeigneten Wert abgeändert.

$$\text{Burst-Periode} > \frac{\text{Burst-Anzahl}}{\text{Signalfrequenz}} + 200\ \text{ns}$$

-222 **Data out of range;**
burst count limited by length of burst;
value clipped to upper limit
Falls die Triggerquelle *Immediate* gewählt wurde (Befehl `TRIG:SOUR IMM`), muss die Burst-Anzahl kleiner als das Produkt aus Burst-Periode und Signalfrequenz sein:

Burst-Anzahl < Burst-Periode X Signalfrequenz

-222 **Data out of range;**
amplitude; value clipped to ...
Diese generische Meldung besagt, dass die Amplitude automatisch auf einen oberen oder unteren Grenzwert begrenzt wurde.

-222 **Data out of range;**
offset; value clipped to ...
Diese generische Meldung besagt, dass die Offsetspannung automatisch auf einen oberen oder unteren Grenzwert begrenzt wurde.

-222 **Data out of range;**
frequency in burst mode; value clipped to ...
Diese generische Meldung besagt, dass die Frequenz automatisch auf einen oberen oder unteren Grenzwert begrenzt wurde, der durch die spezifizierte Burst-Periode vorgegeben ist.

-222 **Data out of range;**
frequency in FM; value clipped to ...
Diese generische Meldung besagt, dass die Trägerfrequenz automatisch auf einen unteren Grenzwert begrenzt wurde, der durch den spezifizierten Frequenzhub (Befehl `FM:DEV`) vorgegeben ist. Die Trägerfrequenz darf nicht kleiner als der Frequenzhub sein.

-222 **Data out of range;**
marker confined to sweep span; value clipped to ...
Diese generische Meldung besagt, dass die spezifizierte Markenfrequenz außerhalb des Bereichs zwischen der Start-Frequenz und der Stop-Frequenz liegt. Die Markenfrequenz *muss* zwischen der Start-Frequenz und der Stop-Frequenz liegen. Falls Sie versuchen, eine außerhalb dieses Bereichs liegende Markenfrequenz zu spezifizieren, wird die Markenfrequenz automatisch gleich der Start-Frequenz oder der Stop-Frequenz eingestellt (je nachdem, welche dieser beiden Frequenzen der gewünschten Markenfrequenz näher liegt). Dieser Fehler tritt nur auf, wenn sowohl die Wobbelbetriebsart als auch die Markenfrequenz aktiv ist.

-222 **Data out of range;**
pulse width; value clipped to ...
Diese generische Meldung besagt, dass die Pulsbreite automatisch auf einen oberen oder unteren Grenzwert abgeändert wurde, der durch die Geräte-Hardware vorgegeben ist.

-222 **Data out of range;**
pulse edge time; value clipped to ...
Diese generische Meldung besagt, dass die Flankenzeit automatisch auf einen oberen oder unteren Grenzwert abgeändert wurde, der durch die Geräte-Hardware vorgegeben ist.

-222 **Data out of range;**
FM deviation; value clipped to ...
Diese generische Meldung besagt, dass der FM-Frequenzhub automatisch auf einen oberen oder unteren Grenzwert abgeändert wurde, der durch die Frequenz vorgegeben ist.

-222 **Data out of range;**
FM deviation limited by minimum frequency
Der Frequenzhub ist durch den unteren Grenzwert (1 µHz) beschränkt.

Data out of range;
FM deviation limited by maximum frequency;
value clipped to upper limit
Der Frequenzhub kann nicht höher als die Trägerfrequenz sein und ist folgendermaßen beschränkt: 10,05 MHz für Sinus- oder Rechteckträgersignale, 150 kHz für ein Sägezahnsignal oder 3,05 MHz für eine Arbiträrsignal.

-222 **Data out of range;**
PWM deviation
Die im Zusammenhang mit der PWM auftretende Abweichung ist begrenzt. Die Pulsbreitenabweichung kann zwischen 0 (einschl.) und der Breite (einschl.) des zugrunde liegenden Pulssignals liegen. Die Tastverhältnisabweichung kann zwischen 0 (einschl.) und dem Tastverhältnis (einschl.) des zugrunde liegenden Pulssignals liegen. Beide Werte sind zusätzlich durch die minimale Pulsbreiten- und Flankenzeitparameter begrenzt.

-222 **Data out of range;**
PWM deviation limited by pulse parameters
Die im Zusammenhang mit der PWM auftretende Abweichung ist begrenzt durch die momentan geltenden Pulssignalparameter. Die im Zusammenhang mit der PWM auftretende Abweichung (Pulsbreite oder Tastverhältnis) wird so eingestellt, dass sie mit den gültigen Werten für die Pulsbreite bzw. das Tastverhältnis, für die Flankenzeit und für die Periode vereinbar ist.

-222 **Data out of range;**
duty cycle; value clipped to ...
Das Tastverhältnis des Rechtecksignals ist durch die Geräte-Hardware auf Werte zwischen 20 % und 80 % beschränkt.

-222 **Data out of range;**
duty cycle limited by frequency; value clipped to upper limit
Das Tastverhältnis des Rechtecksignals ist auf Werte zwischen 40 % und 60 % beschränkt, wenn die Frequenz größer als 10 MHz ist.

Tastverhältnis: 20 % bis 80 % (*Frequenz* ≤ 10 MHz)
40 % bis 60 % (*Frequenz* > 10 MHz)

-224 **Illegal parameter value;**
Es wurde ein exakter Parameterwert erwartet (aus einer Liste der möglichen Werte).

Geräteabhängige Fehler

-313 **Calibration memory lost;**
memory corruption detected
In dem nichtflüchtigen Kalibrierdatenspeicher ist ein Prüfsummenfehler aufgetreten. Dieser Fehler kann auf einen defekten Speicherbaustein oder auf extreme äußere Einflüsse wie z. B. Netzüberspannung durch Blitzeinschlag oder starke Magnetfelder zurückzuführen sein.

-314 **Save/recall memory lost;**
memory corruption detected
In dem nichtflüchtigen Speicher für Gerätezustände ist ein Prüfsummenfehler aufgetreten. Dieser Fehler kann auf einen defekten Speicherbaustein oder auf extreme äußere Einflüsse wie z. B. Netzüberspannung durch Blitzeinschlag oder starke Magnetfelder zurückzuführen sein.

-315 **Configuration memory lost;**
memory corruption detected
In dem nichtflüchtigen Speicher für Konfigurationseinstellungen (beispielsweise die Fernsteuerungsschnittstellen-Parameter) ist ein Prüfsummenfehler aufgetreten. Dieser Fehler kann auf einen defekten Speicherbaustein oder auf extreme äußere Einflüsse wie z. B. Netzüberspannung durch Blitzeinschlag oder starke Magnetfelder zurückzuführen sein.

-350 **Queue overflow**
Der Fehlermeldungspuffer ist voll, weil mehr als 20 Fehler aufgetreten sind. Ab diesem Zeitpunkt werden so lange keine weiteren Fehlermeldungen mehr abgespeichert, bis Sie gespeicherte Fehlermeldungen abfragen und dadurch aus der Fehlerwarteschlange löschen. Die Fehlerwarteschlange wird durch den Befehl `*CLS` (Clear Status) sowie beim Aus- und Wiedereinschalten des Gerätes gelöscht. Auch durch das Auslesen von Fehlermeldungen werden diese aus der Fehlerwarteschlange gelöscht. Durch einen Reset (Befehl `*RST`) wird die Fehlerwarteschlange *nicht* gelöscht.

Abfragefehler

-410 **Query INTERRUPTED**
Es wurde ein Befehl empfangen, während der Ausgangspuffer Daten enthielt, die aus einem vorangegangen Abfragebefehl resultieren (die frühere Daten sind verloren gegangen).

-420 **Query UNTERMINATED**
Der Funktionsgenerator wurde als Sender adressiert, aber es wurde kein Befehl empfangen, der bewirkt, dass Daten in den Ausgangspuffer geschrieben werden. Der Controller hat beispielsweise den Befehl `APPLy` (der keine Daten generiert) gesendet und anschließend versucht, Daten mittels „ENTER“ einzulesen.

-430 **Query DEADLOCKED**
Es wurde ein Befehl empfangen, der mehr Daten generiert, als in den Ausgangspuffer passen, und der Eingangspuffer ist ebenfalls voll. Der Befehl wird zwar ausgeführt, aber alle Daten gehen verloren.

-440 **Query UNTERMINATED after indefinite response**
Der Befehl `*IDN?` muss der letzte Befehl eines Befehlsstrings sein.
Example: `*IDN?;:SYST:VERS?`

Interne Fehler

501 bis 502

501: Cross-isolation UART framing error
502: Cross-isolation UART overrun error
Diese Fehlermeldungen deuten auf einen Fehler in der internen Hardware. Die Isolation zwischen am Gehäuse geerdeten Stromkreisen und den unabhängigen Stromkreisen wird über eine optische Trennwand (optical isolation barrier) und eine seriellen Verbindung gesteuert.

580

Reference phase-locked loop is unlocked
Die Betriebsart `PHAS:UNL:ERR:STAT` ist aktiv („on“), und Synchronisation der internen PLL-Schaltung, welche die Frequenz regelt, ist verloren gegangen. Die Ursache dieses Fehlers liegt meist darin, dass die Frequenz der externen Frequenzreferenz außerhalb des Synchronisationsbereichs liegt.

Selbsttest-Fehler

Die nachfolgend aufgelisteten Fehler können während des Selbsttests auftreten. Weitere Informationen hierzu siehe *Service Guide* zum Agilent 33220A.

601 **Self-test failed; system logic**
Diese Meldung zeigt einen Defekt des Hauptprozessors (U101), des System-RAM (U102) oder des System-ROM (U103) an.

603 **Self-test failed; waveform logic**
Diese Fehlermeldung besagt, dass die Signalform-Logik der Synthesis-IC (U501) fehlgeschlagen ist.

604 **Self-test failed; modulation memory bank**
Diese Meldung zeigt an, dass entweder die Signalform RAM (U502) oder Synthesis-IC (U501) fehlgeschlagen ist.

605 **Self-test failed; modulation memory bank**
Diese Fehlermeldung besagt, dass die Modulation Memory Bank in der Synthesis-IC (U501) fehlerhaft arbeitet.

6063 **Self-test failed; cross-isolation interface**
Diese Fehlermeldung besagt, dass die Schnittstelle (Cross-Isolation) zwischen Hauptprozessor (U101) und der Synthesis-IC (U501) oder die Synthesis-IC selbst fehlerhaft arbeitet.

616 **Self-test failed; pulse phase locked loop**
Diese Meldung zeigt an, dass eine PLL-Schaltung im Pulssignalsynthesizer nicht richtig synchronisiert wird und die Frequenz der Pulssignale (ausschließlich dieser) somit möglicherweise nicht stimmt. Dies weist auf einen Fehler bei der Synthesis-IC (U501) oder bei den entsprechenden Schaltungen hin.

619 bis 621
623 bis 625

619: Self-test failed; leading edge DAC
620: Self-test failed; trailing edge DAC
621: Self-test failed; square-wave threshold DAC
623: Self-test failed; dc offset DAC
624: Self-test failed; null DAC
625: Self-test failed; amplitude DAC
Diese Meldungen zeigen eine Fehlfunktion beim System-D/A-Wandler (U801), bei den DAC -Multiplexer-Kanälen (U803) oder den zugehörigen Schaltungen an.

622 **Self-test failed; time base calibration DAC**
Diese Fehlermeldung besagt, dass der Zeitbasiskalibrierungs-D/A-Wandler in der Synthesis-IC (U501) oder der spannungsgesteuerte Oszillator (U602) nicht funktioniert haben.

626 bis 629
626: Self-test failed; waveform filter path select relay
627: Self-test failed; -10 dB attenuator path
628: Self-test failed; -20 dB attenuator path
629: Self-test failed; +20 dB amplifier path
Diese Fehlermeldungen besagen, dass das spezifizierte Relais nicht ordnungsgemäß schaltet oder der Abschwächer/Verstärker nicht die erwartete Abschwächung bzw. Verstärkung bringt. Diese Selbsttests überprüfen mit Hilfe des internen A/D-Wandlers, ob die Ausgangsrelais, der Ausgangsverstärker (+20 dB) und die Ausgangsabschwächer ordnungsgemäß funktionieren.

630 **Self-test failed; internal ADC over-range condition**
Diese Meldung zeigt ein wahrscheinliches Versagen des A/D-Wandlers an. Dabei kann es sich um den System-A/D-Wandler (U703), den A/D-Wandler-Eingangs-Multiplexer (U701) oder auch den A/D-Wandler-Eingangspuffer-Verstärker (U702) handeln.

631 **Self-test failed; internal ADC measurement error**
Diese Meldung zeigt ein wahrscheinliches Versagen des A/D-Wandlers an. Dabei kann es sich um den System-A/D-Wandler (U703), den A/D-Wandler-Eingangs-Multiplexer (U701) oder auch den A/D-Wandler-Eingangspuffer-Verstärker (U702) handeln.

632 **Self-test failed; square/pulse DAC test failure**
Diese Meldung zeigt ein wahrscheinliches Versagen des Rechteck-/Pulssignal-A/D-Wandlers (U1002) an.

Kalibrierungsfehler

Die nachfolgend beschriebenen Fehler können während einer Kalibrierung auftreten (siehe Kapitel 4 des *Service Guide* zum Agilent 33220A).

701 **Calibration error; security defeated by hardware jumper**
Der Kalibrierschutz des Funktionsgenerators ist vorübergehend durch Kurzschließen der beiden „CAL ENABLE"-Elemente auf der internen Leiterplatte deaktiviert worden; siehe Beschreibung im Handbuch *Agilent 33220A Service Guide*.

702 **Calibration error; calibration memory is secured**
Die Kalibrierung kann nicht durchgeführt werden, weil der Kalibrierschutz aktiv ist. Deaktivieren Sie den Kalibrierschutz mit dem Befehl `CAL:SEC:STAT ON` und dem korrekten Sicherheitscode.

703 **Calibration error; secure code provided was invalid**
Der im Befehl `CAL:SEC:STAT ON` spezifizierte Sicherheitscode ist ungültig.

706 **Calibration error; provided value is out of range**
Der mit dem Befehl `CAL:VAL` spezifizierte Kalibrierwert ist außerhalb des zulässigen Bereichs.

707 **Calibration error; signal input is out of range**
Der interne A/D-Wandler (ADC) hat festgestellt, dass das am rückseitigen Anschluss *Modulation In* anliegende Signal außerhalb des zulässigen Bereichs liegt.

707 **707: Calibration error; cal edge time: rise time cal error**
707: Calibration error; cal edge time: fall time cal error
707: Calibration error; cal edge time: default values loaded
Zeigt an, dass ein Versagen der Anstiegszeit- oder Abstiegszeitschaltung die Kalibrierung verhindert hat. Die Flankenzeit wurde unter Verwendung der Standardwerte kalibriert, wodurch die Genauigkeit beeinträchtigt worden ist. Weitere Informationen hierzu entnehmen Sie bitte dem Handbuch *Agilent 33220A Service Guide*.

850 **Calibration error; setup is invalid**
Die im Befehl `CAL:SET` spezifizierte Setup-Nummer ist ungültig. Weitere Informationen über die Kalibrierprozeduren finden Sie im *Service Guide* zum Agilent 33220A.

851 **Calibration error; setup is out of order**

Einige Kalibrier-Einstellungen müssen in einer bestimmten Reihenfolge vorgenommen werden, damit die Kalibrierung gültig ist. Weitere Informationen über die Kalibrierprozeduren finden Sie im *Service Guide* zum Agilent 33220A.

Arbiträrsignal-Fehler

Die nachfolgend beschriebenen Fehler können in der Arbiträrsignal-Betriebsart auftreten. *Weitere Informationen hierzu siehe unter „Arbiträrsignal-Befehle“ auf Seite 250.*

770 **Nonvolatile arb waveform memory corruption detected**
In dem nichtflüchtigen Arbiträrsignal-Speicher ist ein Prüfsummenfehler aufgetreten. Das Arbiträrsignal kann nicht wiedergegeben werden.

781 **Not enough memory to store new arb waveform; use DATA:DELETE**
Die vier nichtflüchtigen Speicherbereiche enthalten bereits Arbiträrsignale. Bevor Sie ein weiteres Arbiträrsignal speichern können, müssen Sie eines der gespeicherten Arbiträrsignals mit dem Befehl `DATA:DELete` löschen.

781 **Not enough memory to store new arb waveform; bad sectors**
Infolge eines Hardware-Fehlers sind keine weiteren Speicherbereiche mehr für das Speichern von Arbiträrsignalen verfügbar. Die Ursache dieses Fehlers ist wahrscheinlich ein defekter Flash-Memory-Baustein.

782 **Cannot overwrite a built-in waveform**
Die folgenden Namen für interne Signale sind reserviert und können nicht im Befehl `DATA:COPY` verwendet werden: „EXP_RISE“, „EXP_FALL“, „NEG_RAMP“, „SINC“ und „CARDIAC“.

784 **Name of source arb waveform for copy must be VOLATILE**
Im Befehl `DATA:COPY` ist als Quelle ausschließlich „VOLATILE“ zulässig.

785 **Specified arb waveform does not exist**
Der Befehl `DATA:COPY` kopiert das im flüchtigen Speicher enthaltene Signal unter dem spezifizierten Namen in den nichtflüchtigen Speicher. Vor Ausführung des Befehls `DATA:COPY` müssen Sie das Signal mit dem Befehl `DATA VOLATILE` oder `DATA:DAC VOLATILE` herunterladen.

786 **Not able to delete a built-in arb waveform**
Die fünf internen Signale können nicht gelöscht werden: „EXP_RISE“, „EXP_FALL“, „NEG_RAMP“, „SINC“ und „CARDIAC“.

787 **Not able to delete the currently selected active arb waveform**
Das (mit dem Befehl `FUNC:USER` gewählte) derzeit ausgegebene Arbiträrsignal kann nicht gelöscht werden.

788 **Cannot copy to VOLATILE arb waveform**
Der Befehl `DATA:COPY` kopiert das im flüchtigen Speicher enthaltene Signal unter dem spezifizierten Namen in den nichtflüchtigen Speicher. Die Quelle für den Kopiervorgang ist stets „VOLATILE“ (flüchtiger Speicher). Es ist nicht möglich, ***aus*** einer anderen Quelle zu kopieren oder ***in*** das Ziel „VOLATILE“ zu kopieren.

800 **Block length must be even**
Der Funktionsgenerator stellt Binärdaten als 16-Bit-Integer-Werte dar, die als zwei Bytes gesendet werden (Befehl `DATA:DAC VOLATILE`).

810 **State has not been stored**
Der im Befehl `*RCL` spezifizierte Speicherbereich wurde noch nicht in einem vorangegangen Befehl `*SAV` verwendet. Es ist nicht möglich, einen Gerätezustand aus einem leeren Speicherregister zurückzurufen.

Anwendungsprogramme

Anwendungsprogramme

Dieses Kapitel enthält diverse Anwendungsprogramme, die Sie bei der Entwicklung eigener Anwendungsprogramme für den Funktionsgenerator als Muster verwenden können.
Kapitel 4, „Fernsteuerungsschnittstelle – Referenzinformationen“, das auf Seite 165 anfängt, enthält eine Beschreibung der Syntax der vom Funktionsgenerator unterstützten SCPI-Befehle (*SCPI: Standard Commands for Programmable Instruments*).

Einführung

Die in diesem Kapitel beschriebenen Anwendungsprogramme sollen die Steuerung des Agilent 33220A mittels SCPI-Befehlen demonstrieren. All diese Programme sind in Microsoft® Visual BASIC® 6.0 unter Verwendung von Agilent VISA-COM geschrieben.

Die in diesem Kapitel beschriebenen BASIC-Programme sowie andere Beispielprogramme, die die Verwendung verschiedener Treiber und Umgebungen illustrieren, befinden sich auf der im Produktumfang des Funktionsgenerators enthaltenen CD-ROM „Agilent 33220A Product Reference“. Eine genaue Beschreibung dieser Programme finden Sie im Verzeichnis „Examples“ in der „Readme“-Datei. Die in diesem Kapitel behandelten Programme sind im Unterverzeichnis „Examples\chapter6“ abgelegt.

Wenn Sie die Beispielprogramme modifizieren oder Ihre eigenen Programme schreiben und kompilieren möchten, müssen Sie die I/O-Bibliotheken-Software von Agilent installieren. Die Software ist auf der CD-ROM Agilent E2094 Automation-Ready enthalten, die Sie mit der Lieferung des Agilent 33220A erhalten haben.

Falls Sie bereits die I/O-Bibliotheken-Software eines anderen Agilent-Produkts (z. B. einer Agilent GPIB-Karte) installiert haben, benötigen Sie dennoch die Agilent IO Libraries Suite 14.0 oder eine aktuellere Version, um die Beispiele auf der Product Referenz CD-ROM zu unterstützen.

Informationen darüber, wie Sie die IO Libraries Suite Software beziehen können, finden Sie unter:

www.agilent.com/find/iolib

Microsoft® und Visual BASIC® sind in den USA eingetragene Warenzeichen der Microsoft Corporation.

Wenn Sie die geeigneten Software-Komponenten installiert haben, konfigurieren Sie anhand der Angaben in Kapitel 3, „Konfiguration der Fernsteuerungsschnittstelle“, die Schnittstelle.

Die nachfolgenden Programme sind urheberrechtlich geschützt.

Copyright © 2003, 2007 Agilent Technologies, Inc.

Sie haben das unentgeltliche Recht, die Sample Application Files (und/oder jegliche modifizierten Versionen) in einer beliebigen Ihnen sinnvoll erscheinenden Weise zu nutzen, zu ändern, zu vervielfältigen und zu verteilen, vorausgesetzt, Sie sind damit einverstanden, dass Agilent keinerlei Garantie, Verpflichtungen oder Haftung für die Sample Application Files übernimmt.

Agilent Technologies stellt die Programmbeispiele ausschließlich zu Illustrationszwecken bereit. Alle Beispielprogramme setzten voraus, dass Sie mit der Programmiersprache, die demonstriert wird, sowie mit den zum Erstellen und Debuggen von Prozeduren eingesetzten Werkzeugen vertraut sind. Die Support-Ingenieure von Agilent helfen bei Bedarf, die Funktionalität der Agilent Software-Komponenten und der dafür relevanten Befehl zu erklären, modifizieren diese Beispiele jedoch nicht mit dem Ziel, eine zusätzliche Funktionalität bereitzustellen und erstellen ferner keine Prozeduren, die auf Ihre spezifischen Anforderungen zugeschnitten sind.

Sämtliche Beispielanwendungsprogramme in diesem Kapitel sind zur Verwendung mit Microsoft Visual Basic 6.0 und Agilent VISA-COM vorgesehen.

So verwenden Sie das IO-Objekt in Visual Basic:

1. Setzen Sie die Referenz, um die Bibliotheken in das Project/References-Menü einzuschließen. Für VISA COM ist eine COM-Referenz zur VISA COM 3.0 Type Library erforderlich. Erstellen Sie eine Referenz im Menü:
   `Project > References ...`
2. Erstellen Sie die formatierte I/O-Referenz mit einer Anweisung, wie etwa „Dim Fgen As VisaComLib.FormattedIO488“. Verwenden Sie “`Set Fgen = New VisaComLib.FormattedIO488`”, um das eigentliche Objekt zu erstellen.

Programmbeispiel

Beispiel: Einfache Sinus-Signalform

Dieses Programm (auf der CD-ROM im Unterverzeichnis „Examples\chapter6\SimpleSine“ zu finden) wählt für die Funktion „Sine“ und stellt anschließend die Frequenz, die Amplitude und den Offset für das Signal ein.

```
Private Sub cmdSimpleSine_Click()

    Dim io_mgr As VisaComLib.ResourceManager
    Dim Fgen As VisaComLib.FormattedIO488

    Set io_mgr = New VisaComLib.ResourceManager
    Set Fgen = New VisaComLib.FormattedIO488
    Set Fgen.IO = io_mgr.Open(txtIO.Text)

    On Error GoTo MyError

    ' This program sets up a waveform by selecting the waveshape
    ' and adjusting the frequency, amplitude, and offset.

    With Fgen

        .WriteString "*RST"                  ' Reset the function
generator
        .IO.Clear                           ' Clear errors and status
registers

        .WriteString "FUNCtion SINusoid"     ' Select waveshape
        ' Other options are SQUare, RAMP, PULSe, NOISe, DC, and USER
        .WriteString "OUTPut:LOAD 50"        ' Set the load impedance
in Ohms
                                             ' (50 Ohms default)
        ' May also be INFinity, as when using oscilloscope or DMM

        .WriteString "FREQuency 2500"           ' Set the frequency.
       .WriteString "VOLTage 1.2"            ' Set the amplitude in Vpp.
                                               ' Also see VOLTage:UNIT
        .WriteString "VOLTage:OFFSet 0.4"       ' Set the offset in
Volts
        ' Voltage may also be set as VOLTage:HIGH and VOLTage:LOW for
low level
        ' and high level

       .WriteString "OUTPut ON"              ' Turn on the instrument
output

    End With

    Exit Sub

MyError:

    txtError = Err.Description & vbCrLf
    Resume Next

End Sub
```

Beispiel: Amplitudenmodulation

Dieses Programm (auf der CD-ROM im Unterverzeichnis „Examples\chapter6\AMLow-Level“ zu finden) konfiguriert unter Verwendung von Lower-Level-SCPI-Befehlen ein Signal mit Amplitudenmodulation. Das Programmbeispiel zeigt ferner, wie der *SAV-Befehl zum Speichern der Gerätekonfiguration im internen Speicher des Funktionsgenerators verwendet wird.

```
Private Sub cmdAMLowLevels_Click()

    Dim io_mgr As VisaComLib.ResourceManager
    Dim Fgen As VisaComLib.FormattedIO488

    Set io_mgr = New VisaComLib.ResourceManager
    Set Fgen = New VisaComLib.FormattedIO488
    Set Fgen.IO = io_mgr.Open(txtIO.Text)

    On Error GoTo MyError

    ' This program uses low-level SCPI commands to configure
    ' the function gnerator to output an AM waveform.
    ' This program also shows how to use "state storage" to
    ' store the instrument configuration in memory.

    With Fgen

        .WriteString "*RST"                 ' Reset the function generator
        .IO.Clear                           ' Clear errors and status registers

        .WriteString "OUTPut:LOAD 50"             ' Output termination is 50 Ohms
        .WriteString "FUNCtion:SHAPe SINusoid"    ' Carrier shape is sine
        .WriteString "FREQuency 5000;VOLTage 5"   ' Carrier freq is 5 kHz @ 5 Vpp
        .WriteString "AM:INTernal:FUNCtion SINusoid"  ' Modulating shape is sine
        .WriteString "AM:INTernal:FREQuency 200"      ' Modulation freq = 200 Hz
        .WriteString "AM:DEPTh 80"                    ' Modulation depth = 80%
        .WriteString "AM:STATe ON"                    ' Turn AM modulation on

        .WriteString "OUTPut ON"            ' Turn on the instrument output
        .WriteString "*SAV 1"               ' Store state in memory location 1

        ' Use the "*RCL 1" command to recall the stored state

    End With

    Exit Sub


MyError:

    txtError = Err.Description & vbCrLf
    Resume Next

End Sub
```

Beispiel: Lineare Wobbelung

Dieses Programm (auf der CD-ROM im Unterverzeichnis „Examples\chapter6\Linear-Sweep“ zu finden) erstellt eine lineare Wobbelung für ein Sinus-Signal. Es legt die Start- und die Stop-Frequenz sowie die Wobbelzeit fest.

```
Private Sub cmdLinearSweep_Click()

    Dim io_mgr As VisaComLib.ResourceManager
    Dim Fgen As VisaComLib.FormattedIO488

    Set io_mgr = New VisaComLib.ResourceManager
    Set Fgen = New VisaComLib.FormattedIO488
    Set Fgen.IO = io_mgr.Open(txtIO.Text)

    On Error GoTo MyError

    ' This program sets up a linear sweep using a sinusoid
    ' waveform.  It sets the start and stop frequency and sweep
    ' time.

    With Fgen

        .WriteString "*RST"                 ' Reset the function generator
        .IO.Clear                           ' Clear errors and status registers

        .WriteString "FUNCtion SINusoid"    ' Select waveshape

        .WriteString "OUTPut:LOAD 50"       ' Set the load impedance to
                                            ' 50 Ohms (default)
        .WriteString "VOLTage 1"            ' Set the amplitude to 1 Vpp.

        .WriteString "SWEep:SPACing LINear" ' Set Linear or LOG spacing
        .WriteString "SWEep:TIME 1"         ' Sweep time is 1 second
        .WriteString "FREQuency:STARt 100"  ' Start frequency is 100 Hz
        .WriteString "FREQuency:STOP 20e3"  ' Stop frequency is 20 kHz

        ' Frequency sweep limits may also be set as FREQuency:CENTer and
        ' FREQuency:SPAN on the 33250A
        ' For the 33250A, also see MARKer:FREQuency

        .WriteString "OUTPut ON"            ' Turn on the instrument output
        .WriteString "SWEep:STATe ON"       ' Turn sweep on

    End With

    Exit Sub

MyError:

    txtError = Err.Description & vbCrLf
    Resume Next

End Sub
```

Beispiel: Pulssignal

Dieses Programm (auf der CD-ROM im Unterverzeichnis „Examples\chapter6\Pulse“ zu finden) konfiguriert ein Pulssignal, indem es Pulsbreite, Periode sowie High-/Low-Level-Werte einstellt. Die Erhöhung der Flankenzeit erfolgt anschließend schrittweise.

```
Private Declare Sub Sleep Lib "kernel32" (ByVal dwMilliseconds As Long)

Private Sub cmdPulse_Click()

    Dim io_mgr As VisaComLib.ResourceManager
    Dim Fgen As VisaComLib.FormattedIO488

    Set io_mgr = New VisaComLib.ResourceManager
    Set Fgen = New VisaComLib.FormattedIO488
    Set Fgen.IO = io_mgr.Open(txtIO.Text)

    Dim I As Integer

    On Error GoTo MyError

    ' This program sets up a pulse waveshape and adjusts the edge
    ' time.  It also shows the use of high and low voltage levels
    ' and period.  The edge time is adjusted by 5 nsec increments.

    With Fgen

        .WriteString "*RST"                     ' Reset the function generator
        .IO.Clear                               ' Clear errors and status registers
        .WriteString "FUNCtion PULSe"           ' Select pulse waveshape

        .WriteString "OUTPut:LOAD 50"           ' Set the load impedance to 50 Ohms
                                                ' (default)
        .WriteString "VOLTage:LOW 0"            ' Low level = 0 V
        .WriteString "VOLTage:HIGH 0.75"        ' High level = .75 V

        .WriteString "PULSe:PERiod 1e-3"        ' 1 ms intervals
        .WriteString "PULSe:WIDTh 100e-6"       ' Pulse width is 100 us
        .WriteString "PULSe:TRANsition 10e-9"   ' Edge time is 10 ns
                                                ' (rise time = fall time)
        .WriteString "OUTPut ON"                ' Turn on the instrument output

    For I = 0 To 18
        ' Vary edge by 5 nsec steps
        .WriteString "PULSe:TRANsition " & (0.00000001 + I * 0.000000005)
        Sleep 300                               ' Wait 300 msec

    Next I

    End With

    Exit Sub

MyError:

    txtError = Err.Description & vbCrLf
    Resume Next

End Sub
```

Beispiel: Pulsbreitenmodulation (PWM)

Dieses Programm (auf der CD-ROM im Unterverzeichnis „Examples\chapter6\ PulseWidthMod“ zu finden) konfiguriert ein Pulssignal mit einem Tastverhältnis, das anschließend langsam mit einem Dreieck-Signal moduliert wird.

```
Private Sub cmdPWM_Click()

    Dim io_mgr As VisaComLib.ResourceManager
    Dim Fgen As VisaComLib.FormattedIO488

    Set io_mgr = New VisaComLib.ResourceManager
    Set Fgen = New VisaComLib.FormattedIO488
    Set Fgen.IO = io_mgr.Open(txtIO.Text)

    On Error GoTo MyError

    ' This program uses low-level SCPI commands to configure
    ' the function gnerator to output an PWM waveform.
    ' The pulse is set up with a duty cycle of 35% and a depth
    ' of 15%, and will vary in width from 20% to 50% with the
    ' modulation.  The pulse may also be configured in time
    ' units (pulse width and deviation) rather than duty cycle
    ' if preferred.

    With Fgen

        .WriteString "*RST"                    ' Reset the function generator
        .IO.Clear                              ' Clear errors & status registers

        .WriteString "OUTPut:LOAD 50"          ' Output termination is 50 Ohms
        .WriteString "FUNCtion:SHAPe PULSe"    ' Carrier waveshape is pulse
        .WriteString "FREQuency 5000"          ' Carrier frequency is 5 kHz
        .WriteString "VOLTage:LOW 0"           ' Set parameters to 5 V TTL
        .WriteString "VOLTage:HIGH 5"
        .WriteString "FUNCtion:PULSe:DCYCle 35"     ' Begin with 35% duty cycle
        .WriteString "PWM:INTernal:FUNCtion TRIangle"    ' Modulating waveshape
                                                         ' is triangle
        .WriteString "PWM:INTernal:FREQuency 2"  ' Modulation frequency is 2 Hz
        .WriteString "PWM:DEViation:DCYCle 15"   ' Modulation depth is 15%
        .WriteString "PWM:SOURce INTernal"       ' Use internal signal for
                                                 ' modulation
        ' If using an external signal for PWM, connect the signal to the
        ' rear-panel BNC and use the command PWM:SOURce EXTernal
        .WriteString "PWM:STATe ON"              ' Turn PWM modulation on

        .WriteString "OUTPut ON"                 ' Turn on the instrument output

    End With

    Exit Sub

MyError:

    txtError = Err.Description & vbCrLf
    Resume Next

End Sub
```

Beispiel: Arbiträrsignal laden (ASCII)

Dieses Programm (auf der CD-ROM im Unterverzeichnis „Examples\chapter6\ASCI-Iarb“ zu finden) lädt Arbiträrsignal-Daten im ASCII-Format in den Funktionsgenerator. Die Datenwerte liegen in einem Bereich von -1 bis +1.

```
Private Sub cmdASCIIArb_Click()

    Dim io_mgr As VisaComLib.ResourceManager
    Dim Fgen As VisaComLib.FormattedIO488

    Set io_mgr = New VisaComLib.ResourceManager
    Set Fgen = New VisaComLib.FormattedIO488
    Set Fgen.IO = io_mgr.Open(txtIO.Text)

    Dim Waveform() As String
    Dim I As Integer
    Dim DataStr As String
    ReDim Waveform(1 To 4000)

    On Error GoTo MyError

    ' This program uses the arbitrary waveform function to
    ' download and output a square wave pulse with a calculated
    ' rise time and fall time.  The waveform consists of 4000
    ' points downloaded to the function generator as ASCII data.

    With Fgen
        .WriteString "*RST"                ' Reset the function generator
        .IO.Clear                          ' Clear errors and status registers
        .IO.Timeout = 40000                ' Set timeout to 40 seconds for long
                                           ' download strings
    End With

    ' Compute waveform

    txtError.Text = ""
    txtError.SelText = "Computing Waveform..." & vbCrLf

    For I = 1 To 5
        Waveform(I) = Str$((I - 1) / 5)    ' Set rise time (5 points)
    Next I

    For I = 6 To 205
        Waveform(I) = "1"                  ' Set pulse width (200 points)
    Next I

    For I = 206 To 210
        Waveform(I) = Str$((210 - I) / 5)  ' Set fall time (5 points)
    Next I

    For I = 211 To 4000
        Waveform(I) = "0"                  ' Set remaining points to zero
    Next I

    DataStr = Join(Waveform, ",")          ' Create string from data array
```

Fortzsetzung...

```
' Download data points to volatile memory

    txtError.SelText = "Downloading Arb..." & vbCrLf

    With Fgen
        .WriteString "DATA VOLATILE, " & DataStr
    End With

    txtError.SelText = "Download Complete" & vbCrLf

    ' Set up arbitrary waveform and output

    With Fgen

        .WriteString "DATA:COPY PULSE, VOLATILE"  ' Copy arb to non-volatile
                                                  ' memory
        .WriteString "FUNCtion:USER PULSE"    ' Select the active arb waveform
        .WriteString "FUNCtion:SHAPe USER"    ' Output the selected arb waveform

        .WriteString "OUTPut:LOAD 50"             ' Output termination is 50 Ohms
        .WriteString "FREQuency 5000;VOLTage 5"   ' Output frequency is 5 kHz
                                                  ' @ 5 Vpp
        .WriteString "OUTPut ON"                  ' Enable Output

    End With

    Exit Sub

MyError:

    txtError = Err.Description & vbCrLf
    Resume Next

End Sub
```

Tutorial

Tutorial

Damit Sie die Leistungsfähigkeit Ihres Agilent 33220A voll ausschöpfen können, empfehlen wir Ihnen, sich mit der Funktionsweise des Gerätes vertraut zu machen. Dieses Kapitel beschreibt die zugrunde liegenden Konzepte der Signalerzeugung und die Funktionsweise der entsprechenden Baugruppen.

- Direkte digitale Synthese, *Seite 344*
- Erzeugen von Arbiträrsignalen, *Seite 348*
- Erzeugung von Rechtecksignalen, *Seite 350*
- Erzeugung von Pulssignalen, *Seite 351*
- Unzulänglichkeiten der erzeugten Signale, *Seite 352*
- Einstellung der Ausgangsamplitude, *Seite 354*
- Erdschleifen, *Seite 355*
- Eigenschaften von AC-Signalen, *Seite 357*
- Modulation, *Seite 359*
- Frequenzwobbelung, *Seite 363*
- Burst, *Seite 365*

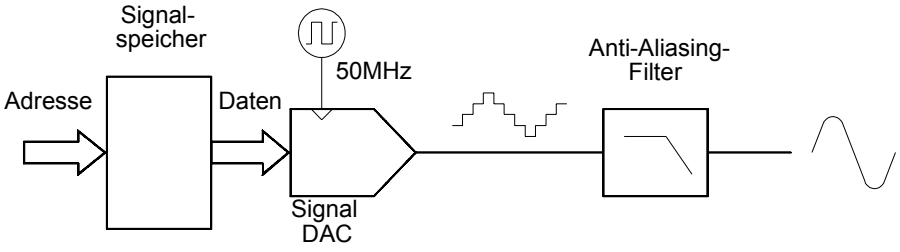
Sie können einen Arbiträrsignalgenerator in den unterschiedlichsten Anwendungen einsetzen, in denen komplexe Signale benötigt werden, die sich anders nicht (oder nur mit großem Aufwand) erzeugen lassen. Mit einem Arbiträrsignalgenerator können Sie Signalfehler wie z. B. verlängerte Anstiegs-/Abfallzeiten, Überschwingen, Rauschen oder Timing-Jitter reproduzierbar simulieren.

Ein Arbiträrsignalgenerator ist dadurch ein äußerst vielseitiges Werkzeug für zahlreiche Anwendungsbereiche wie z. B. Physik, Chemie, Biomedizin, Elektronik und Mechanik – um nur einige Beispiele zu nennen. Überall, wo etwas vibriert, pumpt, pulsiert, Blasen bildet, burstförmige Signale aussendet oder sich in irgend einer Weise zeitlich verändert, ergeben sich Anwendungsmöglichkeiten, die nur durch Ihre Fähigkeit begrenzt werden, die Signaldaten zu spezifizieren.

Direkte digitale Synthese

Der Funktionsgenerator 33220A arbeitet bei allen Signalformen außer „Pulse“ mit dem Verfahren der *direkten digitalen Synthese* (DDS). Die nachfolgende Abbildung erläutert dieses Verfahren. Eine Folge digitaler Werte, die zeitdiskrete Spannungswerte eines Signals repräsentieren, wird sequentiell aus dem Signalspeicher ausgelesen und an den Eingang eines Digital/Analog-Wandlers (DAC) angelegt. Der DAC wird mit der

Abtastrate des Funktionsgenerators (50 MHz) getaktet und gibt eine Folge von analogen Spannungswerten aus, die das gewünschte Signal treppenförmig approximieren. Das treppenförmige Signal wird durch ein nachgeschaltetes Anti-Aliasing-Tiefpassfilter geglättet.

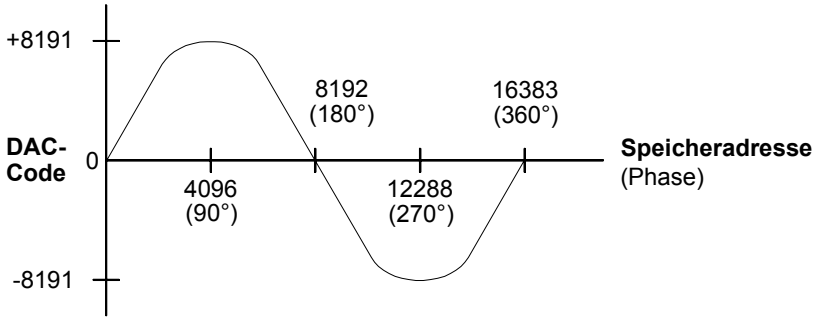


Blockschaltbild der Baugruppe für die direkte digitale Synthese

Der 33220A verwendet zwei verschiedene Anti-Alias-Filter. Für Sinussignale wird ein elliptisches Filter eingesetzt, das sich durch minimale Welligkeit im Durchlassbereich und einen oberhalb seiner Grenzfrequenz (20 MHz) abrupt abfallenden Frequenzgang auszeichnet. Da elliptische Filter bei nicht-sinusförmigen Signalen ein starkes Überschwingen produzieren, wird für die übrigen Signalformen statt dessen ein Linear-Phasen-Filter verwendet.

Für die Standardsignale sowie für Arbiträrsignale mit weniger als 16384 (16 K) Punkten wird ein Signalspeicher mit einer Tiefe von 16 K Wörtern verwendet. Für Arbiträrsignale mit mehr als 16 K Punkten wird ein Signalspeicher mit einer Tiefe von 65 536 (64 K) Wörtern verwendet.

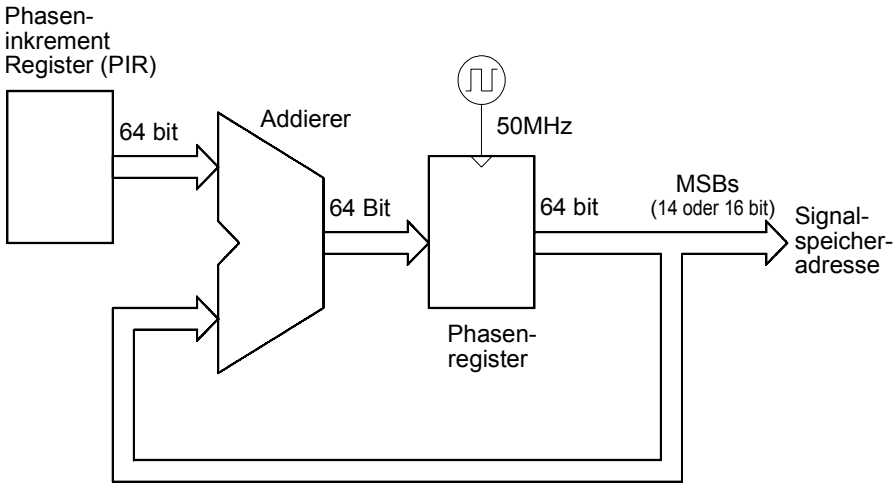
Jeder Spannungswert wird durch ein 14-Bit-Digitalwort repräsentiert; es können daher maximal 16 384 diskrete Spannungswerte dargestellt werden. Die Anzahl der Signalpunkte (Samples) wird so gewählt, dass eine Signalperiode den Signalspeicher vollständig ausfüllt (die nachfolgende Abbildung zeigt dies am Beispiel eines Sinussignals). Wenn Sie ein Signal definieren, das nicht aus genau 16 K oder 64 K Punkten besteht, wird es automatisch durch Wiederholen von Punkten oder durch Interpolating zwischen vorhanden Punkten so weit „gestreckt“, dass es den Speicher vollständig ausfüllt. Da der gesamte Signalspeicher mit einem einzigen Signalzyklus gefüllt ist, entspricht der zeitliche Abstand zwischen je zwei Datenpunkten einem Phasenwinkel von $2\pi/16\,384$ rad oder $2\pi/65\,536$ rad.



Darstellung eines Sinussignals im Signalspeicher

Bei der direkten digitalen Synthese (DDS) erfolgt die Speicheradressierung nach einem *Phasenakkumulationsverfahren*. Zum Generieren der sequentiellen Speicheradressen wird statt eines Zählers ein „Addierer" verwendet (siehe nachfolgende Abbildung). Bei jedem Taktzyklus wird die im Phaseninkrement-Register (PIR) gespeicherte Konstante zum aktuellen Inhalt des Phasenakkumulators hinzuaddiert. Die höchstwertigen Bits des Phasenakkumulator-Ausgangs werden zur Adressierung des Signalspeichers verwendet. Beim Ändern der PIR-Konstanten ändert sich entsprechend auch die Anzahl der zum sequentiellen Adressieren der Signalspeicherplätze erforderlichen Taktzyklen und damit auch die Ausgangsfrequenz.

Die PIR-Konstante bestimmt die Phasenänderungsgeschwindigkeit und somit die Frequenz des synthetisierten Signals. Je größer die Bitbreite des Phasenakkumulators ist, desto höher ist die Frequenzauflösung. Da die PIR-Konstante lediglich die Phasenänderungsgeschwindigkeit beeinflusst (und nicht die Phase selbst), erfolgen Frequenzänderungen phasenkontinuierlich.



Phasenakkumulator

Der 33220A verwendet einen 64-bit-Phasenakkumulator und erzielt dadurch eine Interne Frequenzauflösung von 2^{-64} x 50 MHz = 2,7 Picohertz. Beachten Sie, dass nur die 14 oder 16 höchstwertigen Bits des Phasenregisters zur Adressierung des Signalspeichers verwendet werden. Daher ändert sich beim Synthetisieren niedriger Frequenzen (d. h. unter 3,05 kHz für eine typische 16-K-Punkt-Signalform) die Adresse nicht bei jedem Taktzyklus. Bei höheren Frequenzen (größer als 3,05 kHz) ändert sich die Adresse bei jedem Taktzyklus um mehr als eine Stelle, sodass einige Punkte übersprungen werden. Wenn zu viele Punkte übersprungen werden, tritt ein als „Aliasing“ bezeichnetes Phänomen auf, und das Signal wird verzerrt.

Das *Nyquistsche Abtasttheorem* besagt, dass zur Vermeidung von Aliasing die Frequenz der höchsten Signalkomponente **kleiner als die halbe Abtastfrequenz** (25 MHz beim 33220A) sein muss. Der Agilent 33200A nimmt eine Abtastung bei 50 MHz vor; daher liegt die Grenze für die höchste Frequenz nach Nyquist bei 25 MHz.

Erzeugen von Arbiträrsignalen

Das Gerät Agilent 33220A ermöglicht Ihnen, Arbiträrsignale von bis zu 64 K Punkten (65 536 Punkten) zu erzeugen und bietet überdies fünf interne Arbiträrsignale. Sie können ein Arbiträrsignal über die Frontplatte oder mit der Software Agilent IntuiLink erzeugen, die auf der mit dem Funktionsgenerator Agilent 33220A gelieferten CD-ROM enthalten ist. Mit der Software Agilent IntuiLink kann über eine grafische Benutzerschnittstelle auf Ihrem Rechner ein Arbiträrsignal definiert werden, das dann auf den Funktionsgenerator geladen wird. Signalformen können des Weiteren über das Agilent-Oszilloskop aufgezeichnet und nach IntuiLink importiert werden. Weitere Einzelheiten entnehmen Sie bitte der Online-Hilfe, die im Lieferumfang der Software Agilent InfuiLink enthalten ist.

In den meisten Anwendungen ist es nicht erforderlich, ein Arbiträrsignal mit einer bestimmten Anzahl von Punkten zu spezifizieren, da der Funktionsgenerator fehlende Punkte durch Wiederholen oder Interpolieren vorhandener Punkte automatisch hinzufügt, falls die spezifizierten Punkte den Signalspeicher nicht vollständig ausfüllen. Wenn Sie beispielsweise 100 Punkte spezifizieren, wird jeder Punkt im Mittel 16 384 / 100 = 163,84 mal wiederholt. Beim 33220A brauchen Sie zum Ändern der Frequenz die Länge des Signaldatensatzes nicht zu ändern. Sie können einfach einen Signaldatensatz beliebiger Länge spezifizieren und die Frequenz wie gewünscht einstellen. Zur Minimierung der (Amplituden-) Quantisierungsfehler sollten Sie den Amplitudenwertebereich des D/A-Wandlers möglichst voll ausnutzen.

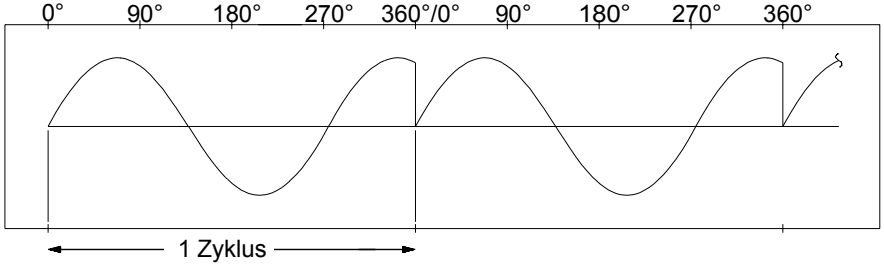
Wenn Sie Signalpunkte über die Frontplatte des Funktionsgenerators eingeben, brauchen diese nicht zeitlich äquidistant zu sein. An den Stellen, an denen das Signal besonders komplex ist, können Sie entsprechend mehr Punkte spezifizieren. In der manuellen Betriebsart (jedoch nicht im Fernsteuerungsbetrieb) haben Sie die Möglichkeit, die eingegebenen Signalpunkte automatisch linear interpolieren zu lassen, um die Übergänge zwischen den Punkten zu glätten. Auf diese Weise können Sie schon mit einer relativ kleinen Anzahl eingegebener Punkte ein glattes Signal erzeugen.

Der 33220A kann Arbiträrsignale mit einer Frequenz bis zu 6 MHz liefern. Beachten Sie jedoch, dass die *nutzbare* obere Frequenzgrenze unter Umständen durch die Bandbreite des Funktionsgenerators und durch Aliasing-Effekte begrenzt wird. Signalkomponenten mit Frequenzen oberhalb der -3 dB-Grenzfrequenz des Funktionsgenerator werden abgeschwächt.

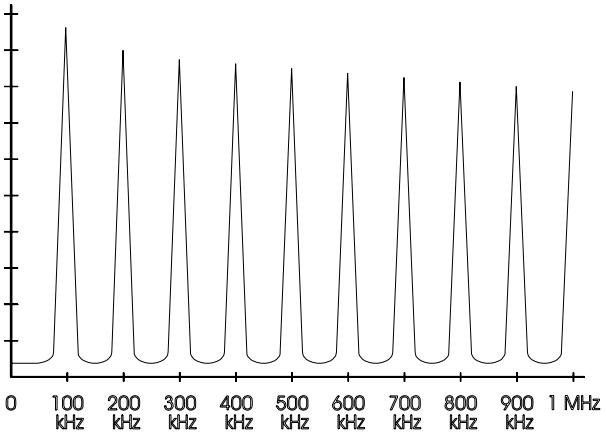
Betrachten Sie beispielsweise ein Arbiträrsignal, das aus zehn Zyklen eines Sinussignals besteht. Wenn Sie die Frequenz des Funktionsgenerators auf 1 MHz einstellen, beträgt die tatsächliche Ausgangsfrequenz 10 MHz; die Amplitude wird daher um etwa 3 dB abgeschwächt. Wenn Sie die Frequenz über 1 MHz hinaus erhöhen, verstärkt sich dieser Effekt. Ab etwa 2,5 MHz werden aliasing-bedingte Signalverzerrungen sichtbar. Bei den meisten Arbiträrsignalen treten (mehr oder weniger ausgeprägte) Aliasing-Effekte auf. Ob diese störend sind oder nicht, hängt von der jeweiligen Anwendung ab.

Beim Erstellen von Arbiträrsignalen versucht der Funktionsgenerator stets, den Signaldatensatz so in den Signalspeicher einzupassen, dass sich bei dessen wiederholter Ausgabe ein periodisches Signal ohne Diskontinuitäten ergibt. Je nach Signalform und Phase eines Signals können Diskontinuitäten jedoch nicht immer vermieden werden. Die Abbildung weiter unten zeigt ein Beispiel hierfür. Wenn dieser Signalabschnitt endlos wiederholt wird, verursacht die beim Übergang vom letzten zum ersten Signalpunkt vorhandene Diskontinuität hochfrequente Komponenten, die auf der Frequenzebene als Störspektrum *(„Leakage“)* in Erscheinung treten.

Dieses Phänomen tritt immer dann auf, wenn der Signaldatensatz keine ganzzahliges Vielfaches von Grundfrequenzzyklen enthält. Sie können die „Leakage“-Fehler reduzieren, indem Sie die Fensterbreite auf ein ganzzahliges Vielfaches von Signalzyklen abändern oder eine größere Anzahl von Zyklen in dem Fenster unterbringen und dadurch das Ausmaß der Diskontinuität verringern. Einige Signale bestehen aus diskreten Frequenzen, die nicht in einem harmonischen Verhältnis zueinander stehen. Da solche Signale nicht-repetitiv sind, können auch nicht alle Frequenzkomponenten in einem harmonischen Verhältnis zur Fensterbreite stehen. In solchen Fällen sollten Sie der Endpunkt-Diskontinuität besondere Aufmerksamkeit widmen.



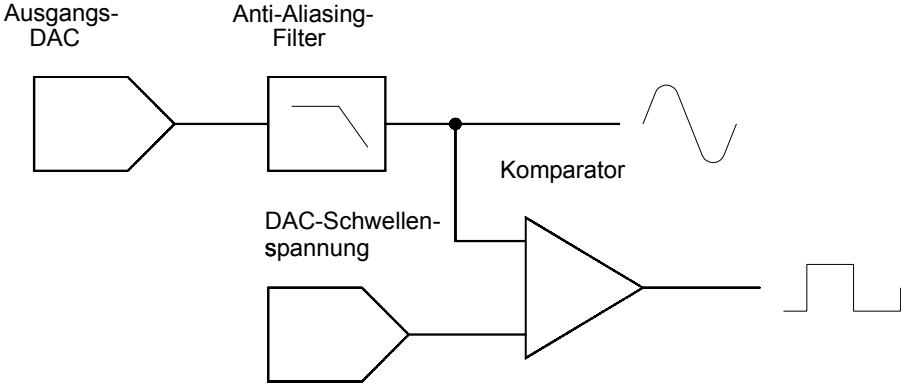
Arbiträrsignal mit Diskontinuität



Spektrum des obigen Signals mit einer Grundfrequenz von 100 kHz

Erzeugung von Rechtecksignalen

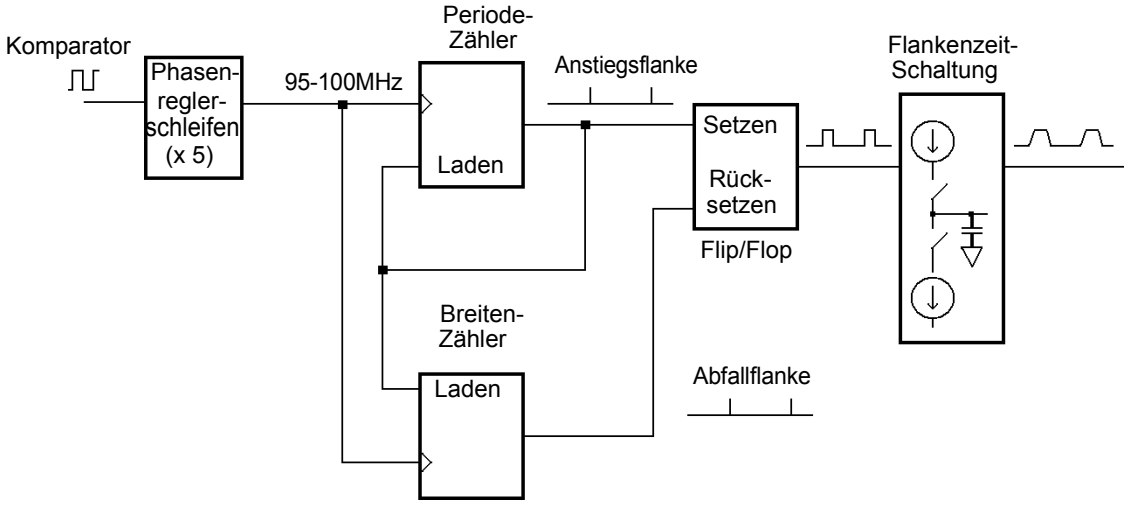
Zur Vermeidung von Alias-Verzerrungen bei höheren Frequenzen verwendet der 33220A zur Erzeugung von Rechtecksignalen ein spezielles Verfahren. Rechtecksignale werden erzeugt, indem ein DDS-generiertes Sinussignal mit Hilfe eines Komparators in ein Rechtecksignal umgewandelt wird. Das Tastverhältnis des Rechtecksignals wird durch Variieren des Komparator-Schwellenwertes eingestellt.



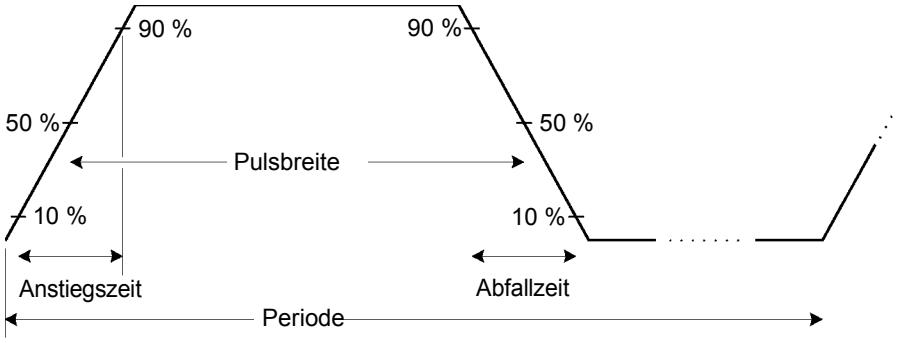
Schaltung zur Erzeugung von Rechtecksignalen

Erzeugung von Pulssignalen

Zur Vermeidung von Alias-Verzerrungen bei höheren Frequenzen verwendet der 33220A auch zur Erzeugung von Pulssignalen ein spezielles Verfahren. Bei Pulssignalformen werden sowohl die Periode als auch die Pulsbreite mit Hilfe eines Zählers aus dem Taktsignal abgeleitet. Zur Erhöhung der Periodenauflösung wird die Taktfrequenz mit Hilfe einer PLL-Schaltung zwischen 95 MHz und 100 MHz variiert (was wiederum die eingehende Frequenz von der DDS [direkten digitalen Synthese] verfünffacht). Die Anstiegs- und Abfallzeiten werden von einer Schaltung gesteuert, die den Ladestrom einer Kapazität variiert. Periode, Pulsbreite und Flankenzeit sind, innerhalb bestimmter Grenzen, voneinander unabhängig einstellbar. Die Schaltung zur Erzeugung von Pulssignalen wird im folgenden Blockschaltbild dargestellt.



Schaltung zur Erzeugung von Pulssignalen



Pulssignal-Parameter

Unzulänglichkeiten der erzeugten Signale

Bei Sinussignalen lassen sich die Unzulänglichkeiten am einfachsten beschreiben und in der Frequenzebene mit einem Spektrumanalysator beobachten. Alle Komponenten des Ausgangssignals mit einer von der Grundfrequenz („Trägerfrequenz“) abweichenden Frequenz werden als Störsignale betrachtet. Die Signal-Unzulänglichkeiten lassen sich in die Kategorien *Oberwellenverzerrungen*, *(nicht-harmonische) Nebenwellenverzerrungen* oder *Phasenrauschen* einteilen und werden in „Dezibel relativ zum Trägersignalpegel“ („dBc“) angegeben.

Oberwellenverzerrungen Oberwellenverzerrungen (oder Harmonische) sind dadurch gekennzeichnet, dass ihre Frequenz stets ein ganzzahliges Vielfaches der Grundfrequenz des erzeugten Signals beträgt. Sie entstehen durch Nichlinearitäten im Ausgangs-DAC und anderen Elementen des Signalpfades. Bei kleinen Amplituden stellt der Strom, der durch das am Ausgang *Sync* angeschlossene Kabel fließt, eine weitere potentielle Quelle von Oberwellenverzerrungen dar. Dieser Strom kann über dem Widerstand der Abschirmung dieses Kabels ein kleines Rechtecksignal hervorrufen. Ein Teil dieser Spannung kann sich dem Hauptsignal überlagern. Falls dieses Störsignal in Ihrer Anwendung Probleme bereitet, sollten Sie das Kabel vom Ausgang *Sync* abtrennen oder diesen Ausgang deaktivieren. Falls Ihre Anwendung die Benutzung des Ausgangs *Sync* erfordert, können Sie das Störsignal minimieren, indem Sie das Kabel hochohmig (statt mit 50 Ω) abschließen.

Nicht-harmonische Nebenwellenverzerrungen Die dominierende Quelle von nicht-harmonischen Nebenwellenverzerrungen („spurs“) ist der Ausgangs-DAC. Nichlinearitäten im DAC verursachen Harmonische, die infolge von Aliasing in das Nutzband des Funktionsgenerators „gefaltet“ werden. Diese Nebenwellenverzerrungen sind besonders signifikant, wenn die Signalfrequenz in einem einfachen Zahlenverhältnis zur Abtastfrequenz des Funktionsgenerators (50 MHz) steht. Bei einer Signalfrequenz von 15 MHz, beispielsweise, produziert der DAC Oberwellen mit Frequenzen von 30 MHz und 45 MHz. Diese Oberwellen haben einen Abstand von 20 MHz bzw. 5 MHz von der Abtastfrequenz 50 MHz und erscheinen als Nebenwellen bei 20 MHz bzw. 5 MHz.

Eine weitere Quelle von nicht-harmonischen Nebenwellenverzerrungen sind Einstreuungen aus internen, nicht mit dem Ausgangssignal frequenzkorrelierten Störsignalquellen (beispielsweise dem Mikroprozessor-Taktsignal) auf das Ausgangssignal. Diese Nebenwellenverzerrungen haben meist eine konstante, von der Ausgangsamplitude des Nutzsignals unabhängige Amplitude (≤ -75 dBm oder 112 µVpp) und sind daher bei Ausgangsamplituden unterhalb etwa 100 mVpp besonders störend. Diese Verzerrungen können Sie reduzieren, indem Sie den Funktionsgenerator bei einer relativ hohen Ausgangsamplitude betreiben und das Ausgangssignal mit Hilfe eines externen Abschwächers abschwächen.

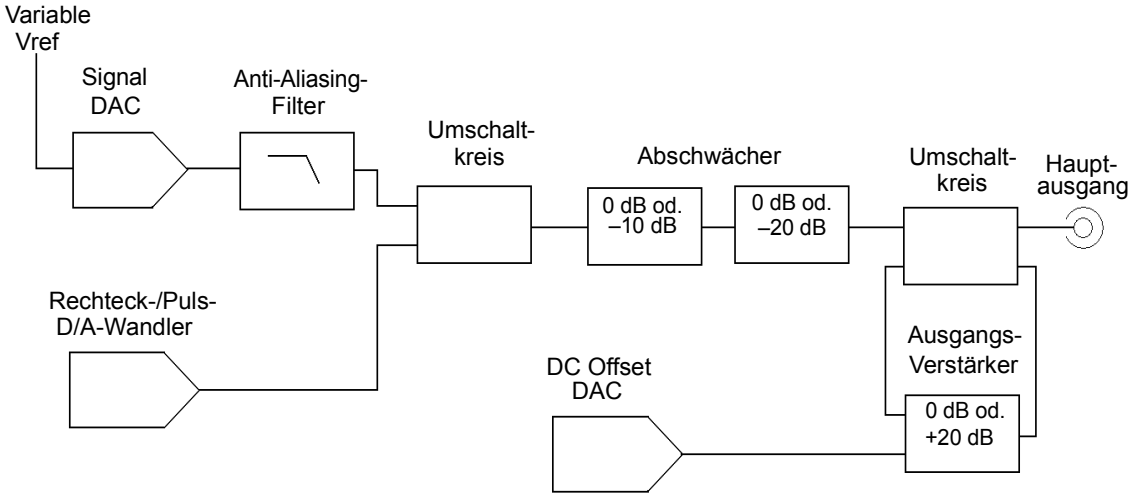
Phasenrauschen Phasenrauschen resultiert aus zufälligen Schwankungen („Jitter“) der Ausgangsfrequenz. Es erscheint im Spektrum als ein erhöhtes Grundrauschen im Bereich der Grundfrequenz. Der Pegel des Phasenrauschens steigt mit zunehmender Trägerfrequenz um 6 dBc/ Octav an. Mit der Phasenrausch-Spezifikationen des 33220A wird die Amplitude des Rauschsignals in einer Bandbreite von 1 Hz angegeben, dies in einem Abstand von 10 kHz von der 20-MHz-Trägerfrequenz.

Quantisierungsfehler Die endliche Amplitudenauflösung des DACs (14 bit) führt zu Quantisierungsfehlern. Unter der Annahme, dass diese Fehler gleichmäßig über einen Bereich von ±0,5 LSB (niedrigstwertiges Bit) verteilt sind, entspricht dies bei einem Sinussignal, das den Amplitudenwertebereich des DACs (16 384 diskrete Werte) voll ausnutzt, einem äquivalenten Rauschpegel von -86 dBc. Analog hierzu führt die endliche Länge des Signalspeichers zu Phasenquantisierungsfehlern. Diese Fehler lassen sich als Phasen-Störmodulation betrachten. Unter der Annahme einer gleichmäßigen Verteilung über einen Bereich von ±0,5 LSB ergibt sich für ein Sinussignal mit einer Länge von 16 K ein äquivalenter Rauschpegel von -76 dBc. Alle internen Standardsignale

des 33220 nutzen den Amplitudenwertebereich des DACs voll aus und haben eine Länge von 16 K. Arbiträrsignale, die den Amplitudenwertebereich des DACs nicht voll ausnutzen oder eine Länge von weniger als 16 384 Punkte aufweisen, sind mit entsprechend größeren Quantisierungsfehlern behaftet.

Einstellung der Ausgangsamplitude

Der 33220A verwendet eine variable Referenzspannung zur Feineinstellung der Ausgangsamplitude über einen Bereich von 10 dB. Wie Sie dem schematischen Blockschaltbild unten entnehmen können, wird das Ausgangssignal des Signalform-D/A-Wandlers durch einen Anti-Alias-Filter hindurchgeleitet. Der Umschaltkreis (Switching Circuitry) leitet das Signal entweder zum Hauptsignalausgang oder zum Ausgang des separaten Rechteck-/Puls-D/A-Wandlers (Square/Pulse DAC) weiter. Zwei Stufenabschwächer (-10 dB und -20 dB) werden in verschiedenen Kombinationen dazu benutzt, die Ausgangsamplitude in 10 dB-Schritten über einen weiten Bereich (10 mVpp bis 10 Vpp) zu verändern.

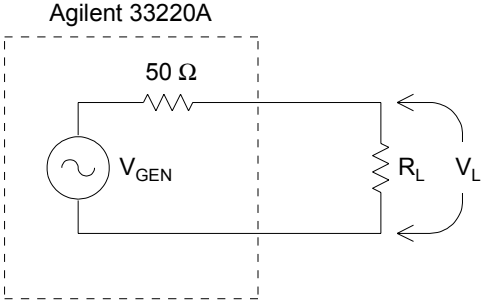


Beachten Sie, dass die DC-Offsetspannung im Ausgangsverstärker dem AC-Signal hinzuaddiert wird. Dadurch ist es möglich, relativ kleinen AC-Signalen relativ große Offsetspannungen zu überlagern. So können Sie beispielsweise einem 100 mVpp-Signal eine Offsetspannung von fast 5 Vdc (an 50 Ω) überlagern.

Beim Umschalten des Spannungsbereichs werden die Abschwächer stets in einer solchen Reihenfolge betätigt, dass die Ausgangsspannung nie-

mals den derzeit eingestellten Wert überschreitet. Allerdings kann es zu kurzzeitigen Unterbrechungen oder „Glitches“ kommen, die in bestimmten Anwendung eventuell stören. Aus diesem Grund wurde der 33220A mit einer *Range hold*-Funktion ausgestattet, die es ermöglicht, die Abschwächer und den Verstärker in ihrer aktuellen Einstellung „einzufrieren“. Wenn allerdings bei abgeschalteter automatischer Bereichswahl die Amplitude auf einen Wert unterhalb der Bereichsumschaltgrenze reduziert wird, kann es vorkommen, dass die Amplituden- und Offsetspannungsgenauigkeit/-auflösung (und die Signalformgenauigkeit) beeinträchtigt werden.

Der 33220A hat eine Ausgangsimpedanz von 50 Ω, die durch einen Festwiderstand vorgegeben wird. Diese bildet zusammen mit dem Lastwiderstand einen Spannungsteiler.



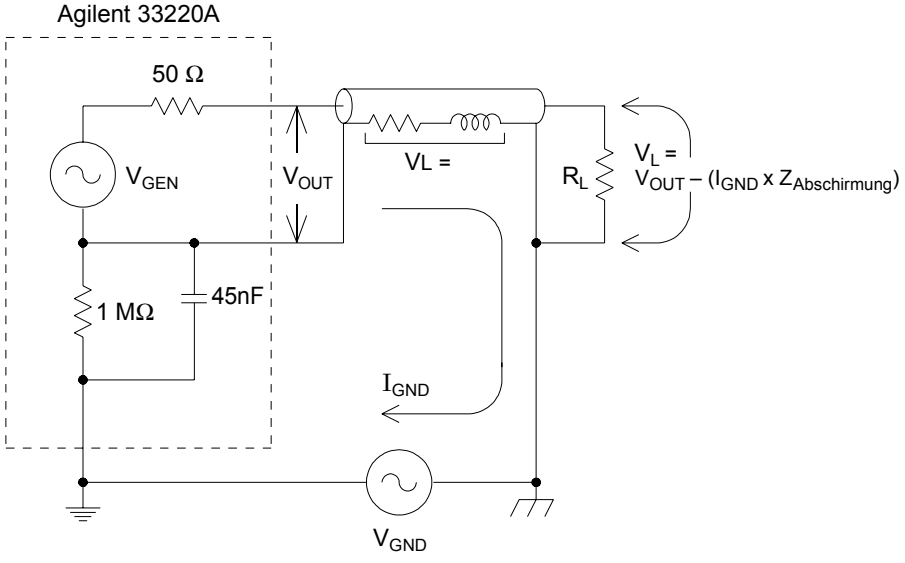
Die im Display angezeigten Amplituden- und Offsetwerte gelten normalerweise für eine Lastimpedanz von 50 Ohm. Falls die Lastimpedanz von diesem Sollwert abweicht, müssen Sie dies dem Funktionsgenerator „mitteilen“, da sonst falsche Amplituden-, Offset- und „High“/„Low“-Werte angezeigt werden. Bei der Kalibrierung werden Abweichungen des Quellenwiderstands vom Sollwert gemessen und berücksichtigt. Die Genauigkeit der angezeigten Ausgangsspannung ist daher in erster Linie von der Genauigkeit des eingegebenen Widerstandswertes ab:

$$\Delta V_L(\%) \cong \frac{50}{R_L + 50} \times \Delta R_L(\%)$$

Erdschleifen

Die Baugruppe zur Signalerzeugung des Agilent 33220A ist gegenüber der Chassis-Masse isoliert. Dies reduziert das Risiko von Erdschleifen und ermöglicht es, das Ausgangssignal auf ein von Chassis-Masse abweichendes Potential zu beziehen. Die nachfolgende Abbildung zeigt

eine Last, die über ein Koaxialkabel an den Ausgang des Funktionsgenerators angeschlossen ist. Falls die Massepotentiale der Last und des Funktionsgenerators voneinander abweichen (in der Abbildung durch die Spannungsquelle V_{GND} dargestellt), fließt durch die Abschirmung des Kabels ein Strom (I_{GND}), der über der Impedanz der Kabelabschirmung (Z_{Shield}) einen Spannungsabfall hervorruft. Dieser Spannungsabfall ($I_{GND} \times Z_{Abschirmung}$) verfälscht die Spannung über der Last. Da das Gerät jedoch isoliert ist, wird der Strom I_{GND} durch eine hohe Serienimpedanz (üblicherweise 1 MΩ parallel zu 45 nF) auf sehr niedrige Werte begrenzt.



Erdschleifeneffekte

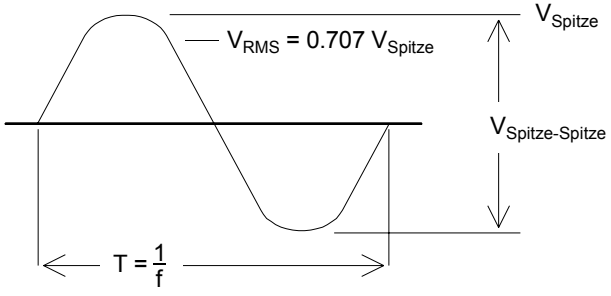
Bei Frequenzen oberhalb einiger Kilohertz ist die Abschirmung eines Koaxialkabels nicht mehr resistiv, sondern induktiv. Das Kabel wirkt in diesem Fall als Transformator. Dies führt tendenziell dazu, dass die Ströme durch die Abschirmung und durch den Mittelleiter gleich groß, aber entgegengesetzt gerichtet sind. Der durch den Strom I_{GND} verursachten Spannungsabfall über der Abschirmung wird durch den Spannungsabfall über dem Mittelleiter mehr oder weniger kompensiert. Dieser sogenannte *Balun-Effekt* reduziert die Auswirkungen von Erdschleifen bei höheren Frequenzen. Die Frequenzgrenze, ab welcher der Balun-Effekt wirksam ist, verschiebt sich mit abnehmendem Abschirmungswiderstand nach unten. Deshalb sind zwei- oder dreifach abgeschirmte

Koaxialkabel wesentlich besser als solche mit einfacher Abschirmung oder Folienabschirmung.

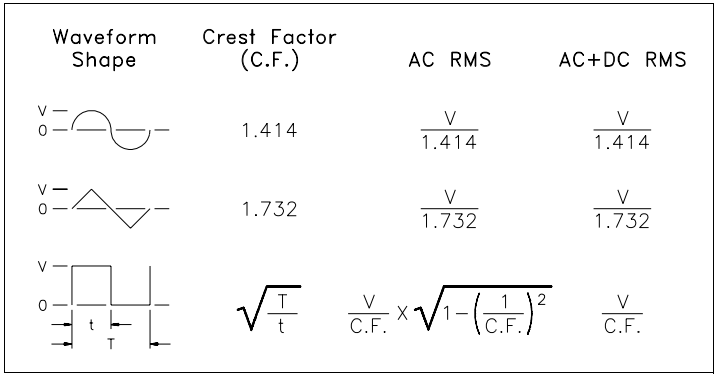
Zur Minimierung der Auswirkungen von Erdschleifen sollten Sie den Funktionsgenerator über ein hochwertiges Koaxialkabel mit der Last verbinden und ihn an der Last über die Abschirmung des Kabels erden. Zur Minimierung der Potentialdifferenzen zwischen Funktionsgenerator und Last sollten beide, falls möglich, an die gleiche Netzsteckdose angeschlossen werden.

Eigenschaften von AC-Signalen

Die am häufigsten verwendete AC-Signalform ist Sinus. Bekanntlich lässt sich jedes periodische Signal durch eine Summe von Sinussignalen mit unterschiedlichen Amplituden und Frequenzen darstellen. Die Stärke eines Sinussignals wird meistens durch Angabe des Spitzenwertes, des Spitze-Spitze-Wertes oder des Effektivwertes (RMS) spezifiziert. Alle diese Angaben setzen voraus, dass dem Signal keine Offsetspannung überlagert ist.



Die *Spitzenspannung* eines Signals ist der größte Absolutwert aller Signalpunkte. Die *Spitze-Spitze-Spannung* ist die Differenz zwischen dem maximalen und dem minimalen Wert. Die *Effektivspannung* erhält man, indem man die Spannungswerte aller Signalpunkte quadriert und dann addiert, die Summe durch die Anzahl der Signalpunkte dividiert und daraus dann die Quadratwurzel zieht. Der Effektivwert eines Signals ist proportional zu der über einen Zyklus gemittelten Leistung: Leistung = V_{RMS}^2 / R_L. Der *Scheitelfaktor* ist das Verhältnis des Spitzenwertes zum Effektivwert eines Signals; dieser Parameter ist von der Signalform abhängig. Die nachfolgende Tabelle zeigt einige häufig verwendete Signalformen und deren Effektivwerte und Scheitelfaktoren.



Hinweis: *Wird zur Messung der DC-Spannung („DC voltage") eines Signals ein Voltmeter mit Mittelwertsanzeige verwendet, so stimmen die auf dem Voltmeter abgelesenen Werte unter Umständen nicht mit den DC-Offset-Einstellungen am Funktionsgenerator überein. Der Grund hierfür: Das Signal kann einen von Null verschiedenen Spannungsmittelwert haben, der zum DC-Offset-Wert addiert würde.*

AC-Spannungspegel werden gelegentlich in der Einheit „Dezibel bezogen auf 1 Milliwatt" (dBm) angegeben. Da ein dBm-Wert eine Leistung angibt, ist eine Umrechnung solcher Angaben in eine Effektiv- oder Spitze-Spitze-Spannung nur möglich, wenn der Lastwiderstand bekannt ist. Es gelten folgende Zusammenhänge:

$$\text{dBm} = 10 \times \log_{10}(P / 0.001) \qquad \textit{wobei } P = V_{RMS}^2 / R_L$$

Die nachfolgende Umrechnungstabelle gilt für Sinussignale und einen Lastwiderstand von 50 Ω.

dBm	Effektivspannung	Spitze-Spitze-Spannung
+23.98 dBm	3.54 Vrms	10.00 Vpp
+13.01 dBm	1.00 Vrms	2.828 Vpp
+10.00 dBm	707 mVrms	2.000 Vpp
+6.99 dBm	500 mVrms	1.414 Vpp
0.00 dBm	224 mVrms	632 mVpp
-6.99 dBm	100 mVrms	283 mVpp
-10.00 dBm	70.7 mVrms	200 mVpp
-36.02 dBm	3.54 mVrms	10.0 mVpp

Für 75 Ω oder 600 Ω Lastwiderstand gelten folgende Umrechnungsfaktoren:

dBm (75 Ω) = dBm (50 Ω) – 1.76
dBm (600 Ω) = dBm (5 0Ω) – 10.79

Modulation

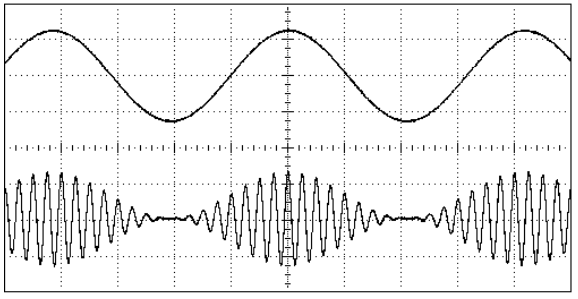
Modulation ist ein Prozess, bei dem einem hochfrequenten Signal (dem sogenannten *Trägersignal*) eine niederfrequente Information (das sogenannte *Modulatingssignal*) aufgeprägt wird. Das Trägersignal und das Modulationssignal können im Prinzip beliebige Signalformen haben; in der Regel wird als Trägersignal jedoch ein Sinussignal verwendet.

Die am häufigsten verwendeten Modulationstypen sind *Amplitudenmodulation* (AM) und *Frequenzmodulation* (FM). Bei diesen Modulationstypen wird die Amplitude bzw. Frequenz des Trägersignals in Abhängigkeit von der momentanen Spannung des Modulationssignals verändert. Ein dritter häufig verwendeter Modulationstyp ist die *Phasenmodulation* (PM), die der Frequenzmodulation (FM) ähnlich ist und sich von dieser lediglich darin unterscheidet, dass die Phase des Trägersignals variiert wird und nicht dessen Frequenz. Ein weiterer Modulationstyp ist die *Frequenzumtastung* (FSK, Frequency Shift Keying). Bei diesem Verfahren wechselt die Frequenz des Trägersignals in Abhängigkeit von einem digitalen Modulationssignal zwischen zwei vorgegebenen Werten. Schließlich gibt es noch die Pulsbreitenmodulation (PWM), die ausschließlich für Pulssignale verfügbar ist. Bei der PWM wird die Pulsbreite bzw. das Tastverhältnis des Pulssignals entsprechend dem Modulationssignal variiert.

Das vom Funktionsgenerator erzeugte Trägersignal kann mit einem *internen* oder *externen* Modulationssignal moduliert werden. Wenn Sie die Modulationsquelle *Intern* wählen, wird das modulierte Signal von einem sekundären DDS-Synthesizer (d. h. mittels direkter digitaler Synthese) erzeugt. Bei *externer* Modulation wird das Trägersignal mit dem am rückseitigen Anschluss *Modulation In* anliegenden Signal moduliert. Das externe Signal wird mit Hilfe eines A/D-Wandlers (ADC) digitalisiert. In beiden Fällen liefert der digitale Signalprozessor einen Digitaldatenstrom, der das modulierte Signal repräsentiert.

Bei FSK-Modulation ist die Ausgangsfrequenz vom binären Zustand des am rückseitigen Anschluss *Trig In* anliegenden Signals abhängig.

Amplitudenmodulation (AM) Der Funktionsgenerator führt eine als „Zweiseitenband-AM mit Trägerübertragung“ bezeichnete Art der Amplitudenmodulation durch. Diese Modulation wird von den meisten AM-Radiosendern verwendet.



Amplitudenmodulation

Die Stärke der Amplitudenmodulation wird als *Modulationsgrad* bezeichnet. Der Modulationsgrad ist ein Maß dafür, welcher Teil des Amplitudenbereichs für die Modulation genutzt wird. Bei einem Modulationsgrad von 80 %, beispielsweise, schwankt die Amplitude zwischen 10 % und 90 % (90 % – 10 % = 80 %) der eingestellten Ausgangsamplitude. (Bei externer Modulation bezieht sich dies auf Vollaussteuerung des Modulationssignaleingangs; zur Vollaussteuerung ist ein Signal mit einer Spannung von ±5 V erforderlich).

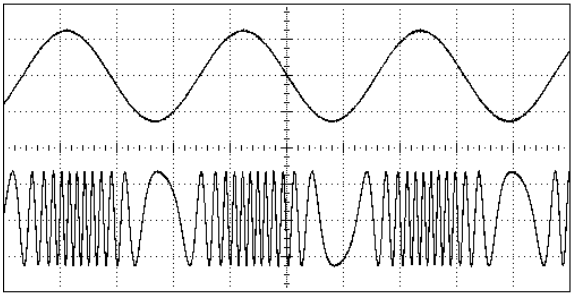
Frequenzmodulation (FM) Bei Frequenzmodulation steuert der vom Funktionsgenerator gelieferte digitale Datenstrom den Inhalt des PIR (*siehe „Direkte digitale Synthese“ auf Seite 344*) und variiert dadurch die Frequenz des Ausgangssignals. Da der rückseitige Anschluss *Modulation In* DC-gekoppelt ist, können Sie mit dem 33220A einen spannungsgesteuerten Oszillator (VCO) emulieren.

Die maximale Abweichung der Frequenz des modulierten Signals von der des Trägersignals wird als *Frequenzhub bezeichnet*. Wenn der Frequenzhub weniger als 1 % der Signalbandbreite beträgt, spricht man von *Schmalband-FM*, anderenfalls von *Breitband-FM*. Die Bandbreite des modulierten Signals kann überschlägig nach den folgenden Gleichungen berechnet werden.

BW ≅ 2 x (Modulationssignalbandbreite) *Für Schmalband-FM*

BW ≅ 2 x (Frequenzhub+Modulationssignalbandbreite)
Für Breitband-FM

In den USA arbeiten kommerzielle Rundfunkstationen in der Regel mit einer Modulationsbandbreite von 15 kHz und einem Frequenzhub von 75 kHz; es handelt sich daher um „Breitband-FM“. Die Modulationsbandbreite beträgt demnach: 2 x (75 kHz + 15 kHz) = 180 kHz. Der Kanalabstand beträgt 200 kHz.

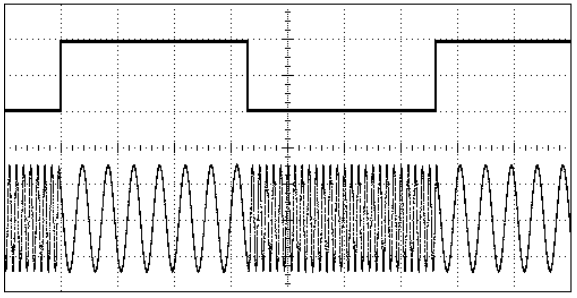


Frequenzmodulation

Phasenmodulation (PM) Die Phasenmodulation hat große Ähnlichkeit mit der Frequenzmodulation, wobei jedoch bei der PM die *Phase* des Trägersignals variiert wird und nicht die *Frequenz*. Die Abweichung der Phase des modulierten Signals von der des Trägersignals wird als *Phasenhub* bezeichnet und kann von 0 bis 360 Grad variieren.

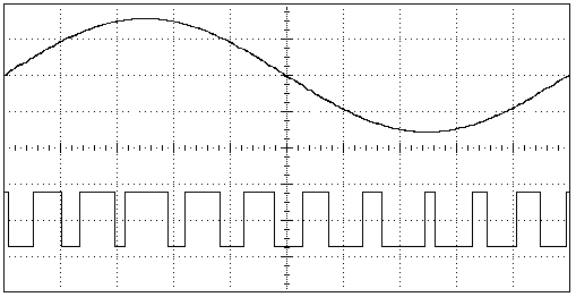
FSK-Modulation (Frequenzumtastung) FSK-Modulation ist der Frequenzmodulation ähnlich. Der Unterschied besteht darin, dass bei FSK die Frequenz zwischen zwei vorgegebenen Werten wechselt, während sie bei FM beliebige Werte innerhalb eines bestimmten Bereichs annehmen kann. Die beiden Frequenzen werden als „Trägerfrequenz“ bzw. als „Hop“-Frequenz bezeichnet. Die Frequenzumschaltrate wird durch die Frequenz des internen Modulationssignals bzw. des Signals am Eingang Trig In bestimmt. Die Frequenzänderungen erfolgen sofort und sind phasenkontinuierlich.

Bei dem internen Modulationssignal handelt es sich um ein Rechtecksignal mit einem Tastverhältnis von 50 %. Die Frequenz des internen FSK-Modulationssignals ist im Bereich von 2 mHz bis 100 kHz einstellbar.



FSK-Modulation

Pulsbreitenmodulation (PWM) Die PWM wird bei digitalen Audioanwendungen, Motorsteuerungsschaltungen, Schaltnetzteilen sowie sonstigen Einheiten zur Steuerung eingesetzt. Der Agilent 33220A ermöglicht die Pulsbreitenmodulation (PWM) für Pulssignale. PWM ist der einzige Modulationstyp, der für Pulssignale verfügbar ist. Bei der PWM wird die Amplitude der Modulationssignalform digital erfasst und zum Steuern der Pulsbreite oder des Tastverhältnisses des Pulssignals verwendet.



Pulsbreitenmodulation

Die Abweichung der Pulsbreite des modulierten Signals von der des Pulssignals wird als *Pulsbreitenvariation* bezeichnet. Diese Abweichung kann auch durch das Tastverhältnis (als ein auf die Periode des Pulssignals bezogener Prozentsatz), die so genannte *Tastverhältnisabweichung*, ausgedrückt werden. Bei der PWM ist die Abweichung der Pulsbreite oder des Tastverhältnisses symmetrisch um die Pulsbreite oder das Tastverhältnis des ursprünglichen Pulssignals verteilt. Angenommen, Sie geben ein Pulssignal mit einem Tastverhältnis von 10 % vor und spezifizieren anschließend eine PWM mit einer Tastverhältnis-

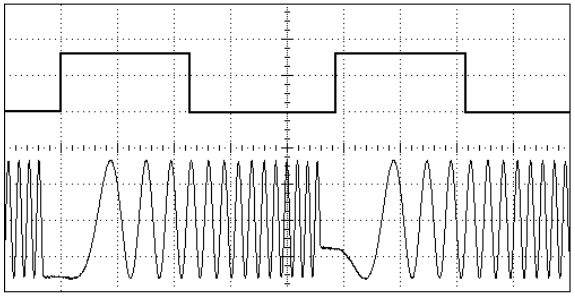
abweichung von 5 %, so wird der Puls des modulierten Signals hinsichtlich des Tastverhältnisses, gesteuert durch das Modulationssignal, zwischen 5 % und 15 % variieren.

Frequenzwobbelung

Frequenzwobbelung ist der Frequenzmodulation ähnlich, wobei jedoch kein Modulationssignal verwendet wird. Statt dessen verändert der Funktionsgenerator die Ausgangsfrequenz gemäß einer linearen oder logarithmischen Funktion. Bei *linearer* Wobbelung ändert sich die Ausgangsfrequenz um einen konstanten Betrag pro Zeiteinheit („Hertz pro Sekunde"). Bei *logarithmischer* Wobbelung ändert sich die Ausgangsfrequenz um eine vorgegebene „Anzahl von Oktaven pro Sekunde" oder „Anzahl von Dekaden pro Sekunde". Logarithmische Wobbelung eignet sich für Messungen über weite Frequenzbereiche, weil sie auch bei niedrigen Frequenzen eine relativ hohe Frequenzauflösung ermöglicht.

Die Wobbelung kann durch ein *internes* Triggersignal oder einen *externen* Hardware-Trigger ausgelöst werden. Wenn Sie die Wobbel-Triggerquelle *„Internal"* wählen, gibt der Funktionsgenerator eine kontinuierliche Folge von Wobbelzyklen aus, deren Rate durch die spezifizierte *Wobbelzeit* bestimmt wird. Wenn Sie die Wobbel-Triggerquelle *External* wählen, wartet der Funktionsgenerator auf ein Triggersignal über den rückseitigen Eingang *Trig In*. Jedesmal, wenn der Funktionsgenerator über den Eingang *Trig In* einen TTL-Impuls empfängt, gibt er einen einzelnen Wobbelzyklus aus.

Ein Wobbelzyklus besteht aus einer endlichen Anzahl von kleinen Frequenzschritten. Da jeder Schritt die gleiche Zeit in Anspruch nimmt, verringert sich mit zunehmender Wobbelzeit die Schrittweite; entsprechend erhöht sich die Frequenzauflösung. Die Anzahl der diskreten Frequenzpunkte eines Wobbelzyklus wird vom Funktionsgenerator automatisch berechnet und ist von der gewählten *Wobbelzeit* abhängig.

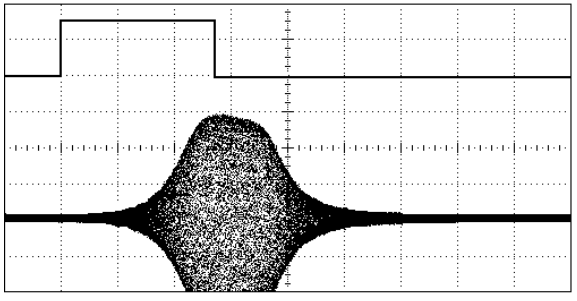


Frequenzwobbelung

Die Wobbeltriggerquelle für getriggerter Wobbelung kann ein externes Signal, die Taste (Trigger) oder ein Fernsteuerungsbefehl sein. Als Eingang für externe Triggersignale dient der rückseitige Anschluss *Trig In*. Dieser Eingang akzeptiert TTL-kompatible Signale und ist auf Chassis-Masse bezogen (nicht erdfrei). Der Anschluss *Trig In* kann auch als Triggersignalausgang konfiguriert. in diesem Fall gibt der 33220A jedesmal, wenn er intern getriggert wird, über diesen Anschluss ein Triggersignal zur Synchronisation externer Geräte aus.

Synchronisations- und Markensignale Am Anfang eines jeden Wobbelzyklus geht das Signal am Frontplattenanschluss Sync in den HIGH-Zustand über. Wenn die Markenfunktion deaktiviert wurde, geht das Sync-Signal in der Mitte des Wobbelzyklus in den LOW-Zustand über. Wenn die Markenfunktion aktiv ist, geht das Sync-Signal in den LOW-Zustand über, sobald die Frequenz die spezifizierte Markenfrequenz erreicht. Die Markenfrequenz muss zwischen der Start-Frequenz und der Stop-Frequenz liegen.

Sie können die Markenfunktion dazu benutzen, im Frequenzgang eines Testobjekts eine interessierende Frequenz – beispielsweise eine Resonanzfrequenz – zu identifizieren. Verbinden Sie hierzu den *Sync*-Ausgang mit einem Kanal Ihres Oszilloskops und den Ausgang des Testobjekts mit einem weiteren Oszilloskop-Kanal. Konfigurieren Sie das Oszilloskop so, dass es auf die Anstiegsflanke des Sync-Signals triggert. Die Start-Frequenz wird dann am linken Bildschirmrand des Oszilloskops dargestellt. Stellen Sie dann die Markenfrequenz so ein, dass die Abfallflanke des Sync-Signals mit dem interessierenden Punkt im Frequenzgang des Testobjekts zusammenfällt. Sie können die Frequenz dieses Punktes im Display des 33220A ablesen.

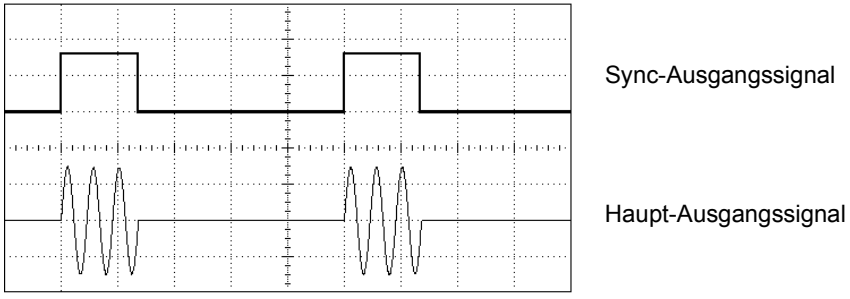


Wobbelung mit Marke bei der Resonanzfrequenz des Testobjekts

Burst

Sie können den Funktionsgenerator so konfigurieren, dass er einen *Burst*, d. h. eine bestimmte Anzahl von Impulsen ausgibt. Der Funktionsgenerator bietet zwei Burst-Betriebsarten zur Auswahl: *„N-Cycle Burst“* (auch als „triggered burst“ bezeichnet) oder *„Gated Burst“*.

„N-Cycle Burst“ Ein „N-Cycle burst“ besteht aus einer spezifizierten Anzahl von Signalzyklen (1 bis 50000) und wird stets durch ein Triggerereignis ausgelöst. Sie können die Burst-Anzahl auch auf „Infinite“ einstellen. In diesem Fall gibt der Funktionsgenerator nach erfolgter Triggerung ein kontinuierliches Signal aus.



Burst mit drei Signalzyklen

Die Triggerquelle für Bursts kann ein externes Signal, ein interner Timer, die Taste Trigger oder ein Fernsteuerungsbefehl sein. Als Eingang für externe Triggersignale dient der rückseitige Anschluss *Trig In*. Dieser Eingang akzeptiert TTL-kompatible Signale und ist auf Chassis-Masse bezogen (nicht erdfrei). Der Anschluss *Trig In* kann auch als Triggersignalausgang konfiguriert. in diesem Fall gibt der 33220A jedesmal, wenn er intern getriggert wird, über diesen Anschluss ein Triggersignal zur Synchronisation externer Geräte aus.

Ein „N-Cycle burst“ beginnt und endet stets an demselben Signalpunkt. Dieser wird als *Start-Phase* bezeichnet. Eine Start-Phase von 0° entspricht dem Anfang des Signaldatensatzes und eine Start-Phase von 360° dem Ende des Signaldatensatzes.

Torgesteuerte Burst-Signale In der Betriebsart „Gated Burst“ wird das Ausgangssignal durch ein externes Torsignal am rückseitigen Anschluss Trig In aus- oder eingeschaltet. Solange das Torsignal TRUE ist, gibt der Funktionsgenerator ein kontinuierliches Signal aus. Wenn das Torsignal in den Zustand FALSE übergeht, wird die Signalausgabe

nach dem Ende des aktuellen Signalzyklus beendet. Die Ausgangsspannung bleibt auf dem durch die Start-Burst-Phase der gewählten Signalform vorgegebenen Wert. Bei der Signalform „Noise“ wird die Signalausgabe beim TRUE/FALSE-Übergang des Torsignals sofort beendet.

Spezifikationen

Signale

Standardsignalformen: Sinus, Rechteck, Sägezahn, Dreieck, Puls, Rauschen, DC (Gleichstrom)

Interne Arbiträrsignale: exponentiell ansteigend, exponentiell abfallend, negativer Sägezahn, sin(x)/x, EKG

Signalcharakteristiken

Sinus

Frequenz: 1 µHz bis 20 MHz, 1 µHz-Auflösung

Frequenzgang (Amplitude): [1], [2]

	(relativ zu 1 kHz)
<100 kHz	0,1 dB
100 kHz bis 5 MHz	0,15 dB
5 MHz bis 20 MHz	0,3 dB

Oberwellenverzerrungen: [2], [3]

	< 1 Vpp	≥ 1 Vpp
DC bis 20 kHz	-70 dBc	-70 dBc
20 kHz bis 100 kHz	-65 dBc	-60 dBc
100 kHz bis 1 MHz	-50 dBc	-45 dBc
1 MHz bis 20 MHz	-40 dBc	-35 dBc

Harmonische Gesamtverzerrung: [2], [3]

DC bis 20 kHz 0,04 %

Nebenwellenverzerrungen (nicht-harmonisch): [2], [4]

DC bis 1 MHz -70 dBc
1 MHz bis 20 MHz -70 dBc +6 dBc/Oktav

Phasenrauschen (10 kHz Offset): -115 dBc/Hz, typisch

Rechteck

Frequenz: 1 µHz bis 20 MHz, 1 µHz-Auflösung

Anstiegs-/Abfallzeit: < 13 ns

Überschwingen: < 2 %

Variables Tastverhältnis: 20 % bis 80 % (bis 10 MHz) 40 % bis 60 % (bis 20 MHz)

Asymmetrie (bei einem Tastverhältnis von 50 %): 1 % der Periode + 5 ns

Jitter (effektiv): 1 ns + 100 ppm der Periode

Sägezahn, Dreieck

Frequenz: 1 µHz bis 200 kHz, 1 µHz-Auflösung

Linearität: < 0,1 % der maximalen Ausgangsspannung

Variables Symmetrieverhältnis: 0,0 % bis 100,0 %

Puls

Frequenz: 500 µHz bis 5 MHz, 1 µHz-Auflösung

Pulsbreite (Periode ≤ 10 s): 20 ns Minimum, Auflösung 10 ns

Variable Flankenzeit: < 13 ns bis 100 ns

Überschwingen: < 2 %

Jitter (effektiv): 300 ps + 0,1 ppm der Periode

Rauschen

Bandbreite: 10 MHz, typisch

Arbiträrsignal

Frequenz: 1 µHz bis 6 MHz, 1 µHz-Auflösung

Signallänge: 2 bis 64 K Punkte

Amplitudenauflösung: 14 bit (einschließlich Vorzeichen)

Abtastrate:	50 MSa/s
Minimale Anstiegs-/Abfallzeit:	35 ns, typisch
Linearität:	< 0,1 % der maximalen Ausgangsspannung
Einschwingzeit:	< 250 ns bis 0,5 % der Restabweichung
Jitter (effektiv):	6 ns + 30 ppm
Nicht-flüchtiger Speicher:	vier Signale

Allgemeine Charakteristiken

Frequenzgenauigkeit:

90 Tage:	± (10 ppm + 3 pHz)
1 Jahr:	± (20 ppm + 3 pHz)

Amplitude

Bereich:	
An 50 Ω:	10 mVpp bis 10 Vpp
Im Leerlauf:	20 mVpp bis 20 Vpp
Genauigkeit (bei 1 kHz): [1], [2]	± (1 % vom eingestellten Wert + 1 mVpp)
Einheiten:	Vpp, Vrms, dBm
Auflösung:	
10.00 bis 20.00 Vpp:	10 mVpp
1.000 bis 9.999 Vpp:	1 mVpp
<999.9 mVpp:	0.1 mVpp

DC-Offsetspannung

Bereich (Spitzenspannung AC+DC):	± 5 V an 50 Ω ± 10 V im Leerlauf
Genauigkeit: [1], [2]	± 2 % des eingestellten Offsetwertes ± 0,5 % der Amplitude ± 2 mV
Auflösung:	4 Digits

Haupt-Ausgangssignal

Impedanz:	50 Ω typisch
Isolation:	max. 42 Vpk nach Erde
Schutz:	Kurzschlussgeschützt, Hauptausgang wird automatisch durch Überlastungsschutz abgeschaltet

Interne Frequenzreferenz

Genauigkeit: [5]	± 10 ppm in 90 Tagen, ± 20 ppm in 1 Jahr

Externe Frequenzreferenz (Option 001)

Rückwärtiger Signaleingang:

Synchronisationsbereich:	10 MHz ± 500 Hz
Eingangsspannung:	100 mVpp bis 5 Vpp
Impedanz:	1 kΩ, typisch, AC-gekoppelt
Synchronisationszeit:	<2 Sekunden

Rückwärtiger Signalausgang:

Frequenz:	10 MHz
Ausgangsspannung:	632 mVpp (0 dBm), typisch
Impedanz:	50 Ω, typisch, AC-gekoppelt

Phasen-Offset:

Bereich:	+360 bis -360 Grad
Auflösung:	0,001 Grad
Genauigkeit:	20 ns

Modulation

AM

Trägersignalformen:	Sinus, Rechteck, Sägezahn, Arbiträrsignal
Quelle:	Intern/extern
Interne Modulation:	Sinus, Rechteck, Sägezahn, Dreieck, Rauschen, Arbiträrsignal (2 mHz bis 20 kHz)
Modulationsgrad:	0,0 % bis 120,0 %

FM (Frequenzmodulation)

Trägersignalformen:	Sinus, Rechteck, Sägezahn, Arbiträrsignal
Quelle:	Intern/extern
Interne Modulation:	Sinus, Rechteck, Sägezahn, Dreieck, Rauschen, Arbiträrsignal (2 mHz bis 20 kHz)
Frequenzhub:	DC bis 10 MHz

PM (Phasenmodulation)

Trägersignalformen:	Sinus, Rechteck, Sägezahn, Arbiträrsignal
Quelle:	Intern/extern
Interne Modulation:	Sinus, Rechteck, Sägezahn, Dreieck, Rauschen, Arbiträrsignal (2 mHz bis 20 kHz)
Frequenzhub:	0,0 bis 360,0 Grad

PWM (Pulsbreitenmodulation)

Trägersignalformen:	Puls
Quelle:	Intern/extern
Interne Modulation:	Sinus, Rechteck, Sägezahn, Dreieck, Rauschen, Arbiträrsignal (2 mHz bis 20 kHz)
Abweichung:	0 % bis 100 % der Pulsbreite

FSK (Frequency Shift Keying = Frequenzumtastung)

Trägersignalformen:	Sinus, Rechteck, Sägezahn, Arbiträrsignal
Quelle:	Intern/extern
Interne Modulation:	Rechteck mit 50 % Tastverhältnis (2 mHz bis 100 kHz

Eingang für externe Modulation [6] (für die Modulationsarten AM, FM, PM, PWM)

Spannungsbereich:	± 5 V (Vollaussteuerung)
Eingangswiderstand:	5 kΩ, typisch
Bandbreite:	DC bis 20 kHz

Wobbelung

Signalformen:	Sinus, Rechteck, Sägezahn, Arbiträrsignal

Charakteristik:	Linear oder logarithmisch
Richtung:	Aufwärts oder abwärts
Wobbelzeit:	1 ms bis 500 s
Triggerung:	Einzeltrigger, extern oder intern
Marke:	Abfallflanke des Sync-Signals (programmierbare Frequenz)

Burst [7]

Signalformen:	Sinus, Rechteck, Sägezahn, Dreieck, Puls, Rauschen, Arbiträrsignal
Typ:	gezählt (1 bis 50000 Zyklen), unendlich, Gated (torgesteuert)
Start-/Stop-Phase:	-360 bis +360 Grad
Interne Periode:	1 ms bis 500 s
Torsignalquelle:	Extern-Trigger-Eingang
Triggerquelle:	Einzeltrigger, extern oder intern

Triggercharakteristiken

Triggereingang:	
Eingangspegel:	TTL-kompatibel
Flanke:	Positive oder negative, wählbar
Pulsbreite:	> 100 ns
Eingangsimpedanz:	> 10 kΩ, DC-gekoppelt
Latenzzeit:	< 500 ns
Jitter (effektiv):	6 ns (3,5 ns für Pulssignale)
Triggerausgang:	
Pegel:	TTL-kompatibel an $\geq$ 1 kΩ
Pulsbreite:	> 400 ns
Ausgangsimpedanz:	50 Ω, typisch
Maximale Rate:	1 MHz
Fanout:	$\leq$ 4 Funktionsgeneratoren Agilent 33220As

Programmierzeiten (typisch)

Konfigurationszeiten

	USB 2.0	LAN (VXI-11)	GPIB
Funktionsumschaltung	111 ms	111 ms	111 ms
Frequenzänderung	1,5 ms	2,7 ms	1,2 ms
Amplitudenänderung	30 ms	30 ms	30 ms
Wahl eines benutzerdefinierten Arbiträrsignals	124 ms	124 ms	123 ms

Zeit für das Laden von Arbiträrsignalen (Binärdatenübertragung)

	USB 2.0	LAN (VXI-11)	GPIB
64 K Punkte	96,9 ms	191,7 ms	336,5 ms
16 K Punkte	24,5 ms	48,4 ms	80,7 ms
4 K Punkte	7,3 ms	14,6 ms	19,8 ms

In den Zeiten für das Herunterladen von Signalen sind weder Setup- noch Ausgabezeit enthalten.

Allgemeine Spezifikationen

Stromversorgung:	CAT II 100 bis 240 V bei 50/60 Hz (-5 %, +10 %) 100 bis 120 V bei 400 Hz (±10 %)
Leistungsaufnahme:	maximal 50 VA

Betriebsbedingungen:	IEC 61010 Verschmutzungsgrad 2 Zur Verwendung in Innenräumen
Betriebstemperatur:	0 °C bis 55 °C
Rel. Feuchte bei Betrieb:	5 % bis 80 % nicht kondensierend
Betriebshöhe:	bis zu 3000 Meter
Lagerungstemperatur:	-30 °C bis 70 °C
Floating Abschlussabschirmungen (Nur **Output**, **Sync** und **Modulation In**):	Zulässiges Floating für Abschirmungen ± 42 V (Spitze) relativ zur Erdung.[8]
Speicher für Gerätezustände:	Zustand beim Ausschalten wird automatisch gespeichert. vier benutzerdefinierbare gespeicherte Gerätezustände
Schnittstellen:	GPIB, USB und LAN serienmäßig
Befehlssprachen:	SCPI – 1993, IEEE-488.2
Abmessungen (B x H x T):	
Freistehend:	261,1 x 103,8 x 303,2 mm
Gestelleinbau:	212,8 x 88,3 x 272,3 mm
Gewicht:	3,4 kg
Sicherheitsstandards:	UL-1244, CSA 1010, EN61010
EMV-Standards:	MIL-461C, EN55011, EN50082-1
Vibration und Stoß:	nach MIL-T-28800, Typ III, Klasse 5
Betriebsgeräusch:	30 dBa
Warmlaufzeit:	1 Stunde
LXI-Kompatibilität:	LXI Klasse C, Version 1.3

Hinweis: *Wir behalten uns vor, die Spezifikationen ohne vorherige Ankündigung zu ändern. Die jeweils aktuellen Spezifikationen entnehmen Sie dem entsprechenden Produkt-Datenblatt, das Sie über die Agilent 33220A-Produktseite finden.*

www.agilent.com/find/33220A

Dieses ISM-Gerät ist mit dem kanadischen Standard ICES-001 konform.

N10149

Fußnoten:

[1] Wenn das Gerät außerhalb des Temperatur bereichs von 18 °C bis 28 °C betrieben wird, sind 1/10 der Ausgangsamplituden- und Offset-Spezifikation pro °C hinzuzufügen.

[2] Autorange aktiviert

[3] DC-Offset auf 0 V gesetzt

[4] Bei kleinen Amplituden werden die Nebenwellenverzerrungen vom Eigenrauschpegel (-75 dBm) verdeckt.

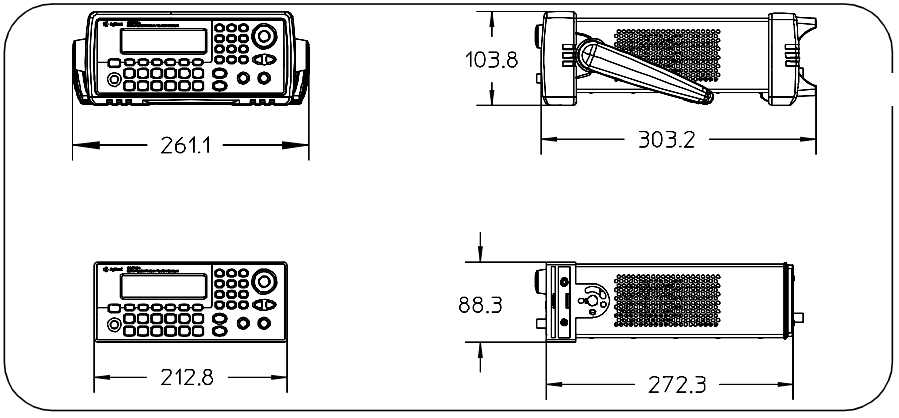
[5] Wenn das Gerät außerhalb des Temperaturbereichs von 18 °C bis 28 °C betrieben wird, ist 1 ppm / °C (Durchschnitt) hinzuzufügen.

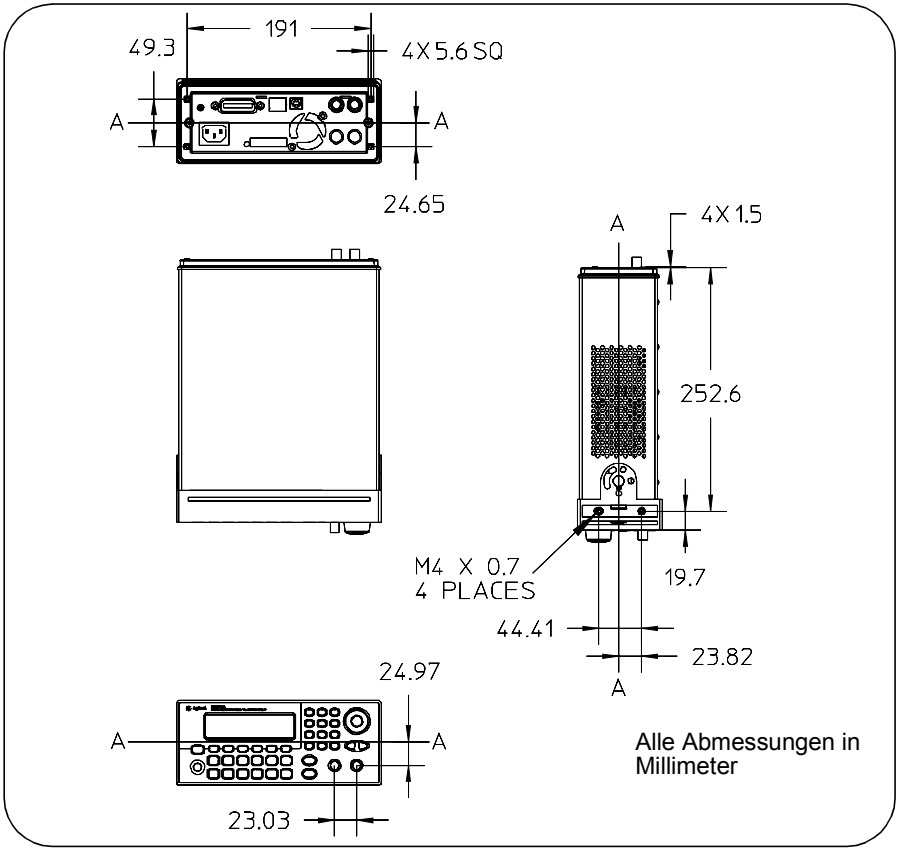
[6] FSK verwendet Triggereingang (Maximum 1 MHz).

[7] Bei Frequenzen oberhalb von 6 MHz sind die Signalformen Sinus und Rechteck nur in Verbindung mit unendlicher Burst-Anzahl erlaubt.

[8] Diese Abschirmungen müssen dasselbe Float-Potenzial aufweisen, um einen Geräteschaden zu vermeiden.

Abmessungen





Index

*Falls Sie Fragen zur Anwendung des Agilent 33220A haben, wählen Sie **01805-24-6330**, oder setzen Sie sich bitte mit dem nächstgelegenen Vertriebsbüro von Agilent Technologies in Verbindung.*

Symbole

*CLS Befehl 293
*ESE Befehl 292
*IDN? Befehl 267
*LRN? Befehl 269, 270
*OPC Befehl 236, 245, 270, 293
*OPC? Befehl 236, 245, 270
*PSC Befehl 293
*RCL Befehl 263
*RST Befehl 269
*SAV Befehl 262
*SRE Befehl 290
*STB? Befehl 284, 290
*TRG Befehl 236, 245, 248
*TST? Befehl 269
*WAI Befehl 236, 245, 270, 277

Numerisch

10 MHz In 278
10 MHz In Anschluss 155, 278
10 MHz Out Anschluss 155
33220A im Überblick 2

A

Abmessungen
  Produkt 373
Abschluss 72
Abschluss, Last- 355
Abschlusswiderstand 38
Abschlusszeichen, Befehl 299
Abschwächer-Einstellungen 198
Abspeichern des Gerätezustands 136, 262
  Namen 137
  Zurückrufen des Ausschalt-Gerätezustands 136
Adresse
  GPIB 53, 145
Adresse einrichten
  LAN 54
Aliasing 347
AM 84
  DEPTh Befehl 212
  INTernal
    FREQuency Befehl 212
    FUNCtion Befehl 211
  manuelle Bedienung 40
  Modulationsgrad 87
  Modulationsquelle 88
  Modulationssignalform 86
  SOURce Befehl 211
  STATe Befehl 213
  Trägerfrequenz 85
  Trägersignalform 85
Amplitude 19
  Bereich fixieren 75
  Einheiten 71
  Einschränkungen bei Arbiträrsignalen 68, 185
  Einschränkungen durch Lastwiderstand 67, 184, 193
  Einschränkungen durch Offsetspannung 67, 193
  Einschränkungen für Einheit dBm 193
  Einschränkungen von Einheiten 67
  Erläuterungen 354
  High / Low Level 195
Amplitudeneinheiten
  umrechnen 20
Amplitudenmodulation 84
  Erläuterungen 359
  manuelle Bedienung 40
  Modulationsfrequenz 212
  Modulationsgrad 87, 360
  Modulationsquelle 88, 211
  Modulationssignalform 86, 211
  Trägerfrequenz 85
  Trägersignalform 85
  Überblick 210
Anschluss 278
  „10 MHz In“ 278
  „10 MHz Out“ 278
  10 MHz In 155
  10 MHz Out 155
  Ausgang 200
  Modulationseingang 88, 93, 102, 108
  Sync-Ausgang 77, 238
  Triggerausgang 127, 237, 246, 249
  Triggereingang 126
Anschluss „10 MHz In“ 278
Anschluss „10 MHz Out“ 278
Anschluss 10 MHz In 278
Anschlüsse, LAN 277
Anstiegszeit, Puls 208
Anwendungsprogramme 333
Anzahl
  Burst 118, 242
Anzahl der Zyklen, Burst 242
Anzahl von Fehlern, maximale 266
APPLy
  DC Befehl 189
  NOISe Befehl 189
  PULSe Befehl 188
  RAMP Befehl 188
  SINusoid Befehl 188
  SQUare Befehl 188
  USER Befehl 189
APPLy Befehl 183
  Wirkung 183
APPLy? Befehl 190
Arbiträrsignal
  Herunterladen von Binärwerten 253

Herunterladen von Gleitkommawerten 251
Herunterladen von Integer-Werten 253
wählen 28
Arbiträrsignale
als Modulationssignal 134
aus Speicher löschen 259
Berechnung des Scheitelfaktors 260
definieren (manuelle Betriebsart) 129, 133
Einschränkung des Amplitudenbereichs 185
Erläuterungen 348
Fehlermeldungen 331
interne Signalformen 28, 251
Namen 133
Punkte-Interpolation 131
Regeln 134
Überblick 250
Arbiträrsignale löschen 259
Ausgang
aktivieren/deaktivieren 76, 200
Anschluss 76
Polarität 76
Ausgangsabschluss 38
Ausgangsamplitude
Bereich fixieren 75
Einheiten 71
Einschränkungen bei Arbiträrsignalen 68, 185, 195
Einschränkungen durch Lastwiderstand 67, 184, 193
Einschränkungen durch Offsetspannung 67, 193
Einschränkungen für Einheit dBm 193
Einschränkungen von Einheiten 67
einstellen 19
Erläuterungen 354
High / Low Level 195
Ausgangsanschluss 200
Ausgangsfrequenz
Einschränkungen der Burst-Funktion 66
Einschränkungen des Tastverhältnisses 66, 192
Einschränkungen von Funktionen 66, 184, 192
einstellen 18
Ausgangsfunktion
Einschränkung des Amplitudenbereichs 65
Einschränkung des Frequenzbereichs 65
Einschränkungen der Pulsperiode 205
erlaubte Modulationsbetriebsarten 191
Kompatibilität mit Modulation 64
Ausgangsimpedanz 355
Ausgangslast 72
Ausgangssignal
Polarität 76
Ausgangssignalperiode
einstellen 18
Ausgangsüberlastung 200
Ausgangswiderstand 38
Automatische Bereichswahl 198, 354
Automatische Bereichswahl, Amplitude 75
Automatische Spannungsbereichswahl 75
Automatisches Abschalten der Hintergrundbeleuchtung 140
Automatisches Zurückrufen des Ausschalt-Gerätezustands 264

B

Balun-Effekt 356
Befehlsabschlusszeichen 299
Befehlsparametertypen 299
Befehlsreferenz 165
Befehlsübersicht 168
Beispiele
für Programme 333
Benutzerdefinierter Name
Arbiträrsignale 133
gespeicherte Gerätezustände 137, 263
Bereich fixieren 198
Bereich fixieren, Amplitude 75
Binärdatenblock-Format 254
Binärwerte herunterladen, Arbiträrsignale 253
Bit-Definitionen
Questionable data-Register 286
Standard event-Register 288
Status byte-Register 283
Blockformat, binäres 254
BNC
Modulationseingang 88, 93, 102, 108
Breitband-FM 360
Breite, Puls-
Definition 206
BURSt
GATE
POLarity Befehl 245, 248
INTernal
PERiod Befehl 242
MODE Befehl 241

NCYCles Befehl 242
PHASe Befehl 243
STATe Befehl 243
Burst 115, 118
„N-cycle burst“ 365
Betriebsart „external gated“ 115
Betriebsart „Gated“ 239
Betriebsart „Triggered“ 239
Betriebsart „triggered“ 115
Burst-Anzahl 118, 242
Burst-Betriebsarten 239
Burst-Periode 119, 242
Burst-Phase 120
Burst-Typ 115
externe Triggerquelle 126
manuelle Bedienung 48
Signalfrequenz 117
Start-Phase 242, 365
Torgesteuerter Burst 365
Torsignalpolarität 245, 248
Triggerausgang 127
Triggerausgangssignal 122
Triggerquelle 120
Triggerverzögerung 245
Überblick 239
Burst-Phase
Grad / rad 243
Bus
Schnittstellenkonfiguration 53, 145
Bus- (Software-) Triggerung 236, 244, 247
Bus-Triggerung 125, 248
Byte-Reihenfolge für Binärdatenblock-Übertragung 255

C

CALibration
COUNt? Befehl 295
SECure
CODE Befehl 294
STATe Befehl 294
SETup Befehl 294
STRing Befehl 295
VALue Befehl 294
CALibration? Befehl 294
CD-ROM mit Software für PC-Anbindung 15
CD-ROM, mit dem 33220A gelieferte 334
Chassis-Masse 6

D

DATA
ATTRibute
CFACtor? Befehl 260
CATalog? Befehl 258
COPY Befehl 255
DATA VOLATILE Befehl 253
DELete
ALL Befehl 259
DELete Befehl 259
NVOLatile
CATalog? Befehl 258
FREE? Befehl 258
DATA VOLATILE Befehl 251
dBc 352
dBm 71, 203, 358
DC-Offset
Einschränkung des Amplitudenbereichs 69, 186, 195
Einschränkungen bei Arbiträrsignalen 70, 186, 195
Einschränkungen durch Lastwiderstand 69, 186, 195
einstellen 21
DC-Spannung
einstellen 24
Device Clear 301
Dezimalpunkt 143
DHCP 56
DHCP On/Off 147
Die 105, 106
DISPlay
TEXT
CLEar Befehl 268
TEXT Befehl 268
Display 267
aktivieren/deaktivieren 142, 267
Helligkeit 141
Hintergrundbeleuchtung automatisch abschalten 140
Kontrast 141
Meldung anzeigen 142, 268
Überblick 4
Zahlenformat 143
Display abschalten 140
Display aktivieren/deaktivieren 142, 267
DISPlay Befehl 267
Display, Graph-Modus 27
Display-Kontrast 141
DNS-Server 152
Domain-Name 151

E

Effektivspannung 357
Eingabe von Werten 5
Eingangskontrolle 15
Einheiten 71
als Teil eines Befehls 203
Amplitude 71
Burst-Phase 243
Einschränkungen für Einheit dBm 203
Einheiten, Spannung 184
Einschränkungen bei Arbiträrsignalen 195

einstellen 19
Einstellungen
  Standard 162
EKG-Signal 251
End-or-identify Nachricht 299
EOI 299
Erdschleifen 355
Exponentieller Abfall 251
Exponentieller Anstieg 251
Extern torgesteuerter Burst 115, 239
Externe Quelle
  AM 88
  FSK 102
  PM 97
  PWM 108
Externe Referenz 155, 278
Externe Triggerquelle 126, 127
Externe Triggerung 125, 236, 244, 247
Externe Zeitbasis 155

F

Fehler 139, 266
  „Data out of range"-Fehler 318
  „Settings conflict"-Fehler 309
  Abfragefehler 325
  Arbiträrsignal-Fehler 331
  Ausführungsfehler 309
  bei Verlust der Phasensynchronisation 279
  geräteabhängige Fehler 324
  Interne Fehler 326
  Kalibrierungsfehler 329
  maximal erlaubte Anzahl 266
  Selbsttestfehler 327
Fehlermeldungen 303
Fehlerwarteschlange 139, 266
Fern-/Lokalsteuerung 272
Fernsteuerungsbefehle 165
Fernsteuerungsfehler 139, 266
  „Data out of range"-Fehler 318
  „Settings conflict"-Fehler 309
  Abfragefehler 325
  Arbiträrsignal-Fehler 331
  Ausführungsfehler 309
  Interne Fehler 326
  Kalibrierungsfehler 329
  Selbsttestfehler 327
Fernsteuerungsschnittstelle
  Befehlsreferenz 165
  Befehlsübersicht 168
  Konfiguration 53, 145
Firmware-Version 144
Flanke, Trigger- 237, 245, 248
  Burst 120
  Triggerausgang 237
  Triggereingang 237
  Wobbelung 113
Flankenzeit 83, 208
  Definition 208
Flankenzeit, Puls 26
FM 89
  DEViation Befehl 216
  Frequenzhub 92
  INTernal
    FREQuency Befehl 216
    FUNCtion Befehl 215
  Modulationsfrequenz 91
  Modulationsquelle 93
  Modulationssignalform 91
  SOURce Befehl 215
  STATe Befehl 217
  Trägerfrequenz 90
  Trägersignalform 90
  Überblick 214
FORMat
  BORDer Befehl 255
FREQuency
  CENTer Befehl 234
  SPAN Befehl 234
  STARt Befehl 233
  STOP Befehl 233
FREQuency Befehl 192
FREQuency? Befehl 192
Frequency-Shift Keying, siehe FSK 42
Frequenz
  Einschränkungen der Burst-Funktion 66
  Einschränkungen des Tastverhältnisses 66, 192
  Einschränkungen von Funktionen 66, 184, 192
  einstellen 18
  Wobbelzeit 111
Frequenzhub (FM) 92, 216, 360
Frequenzmodulation 89
  Erläuterungen 359
  Frequenzhub 92, 216
  Hub 360
  Modulationsfrequenz 91, 216
  Modulationsquelle 93, 215
  Modulationssignalform 91, 215
  Trägerfrequenz 90
  Trägersignalform 90
  Überblick 214
Frequenzumtastung
  siehe FSK
Frequenzwobbelung 109
  Charakteristiken 111
  externe Triggerquelle 126
  linear / logarithmisch 111, 235
  manuelle Bedienung 46
  Markenfrequenz 112, 238
  Mittenfrequenz 110, 234
  Start-Frequenz 109
  Stop-Frequenz 109, 233
  Sync-Signal 109, 110
  Triggerausgang 127
  Triggerausgangssignal 114

Triggerquelle 113
über Frontplatte einstellen 44
Überblick 232
Wobbelbandbreite 110, 234
Wobbelzeit 235
Frontplatte
Anschlüsse 3
Definieren von Arbiträrsignalen 129
Display aktivieren/ deaktivieren 142, 267
Eingabe von Werten 5
Überblick 3
Überblick über das Display 4
Zahlenformat 143
FSK
„Hop"-Frequenz 42
Erläuterungen 359
FSK-Rate 43, 45, 101
Hop-Frequenz 101, 224
manuelle Bedienung 42
Modulationsquelle 102, 224
Modulationssignalform 99
SOURce Befehl 224
Trägerfrequenz 99
Überblick 223
FSK (Frequency Shift Keying = Frequenzumtastung) 99
FSKey
FREQuency Befehl 224
INTernal
RATE Befehl 225
STATe Befehl 225
FSK-Rate 43, 45
FUNCtion
PULSe
DCYCle Befehl 207
HOLD Befehl 205
TRANsition Befehl 208
RAMP
SYMMetry Befehl 200
SYMMetry? Befehl 200
SQUare
DCYCle Befehl 199
DCYCle? Befehl 199
USER Befehl 256
FUNCtion Befehl 191
FUNCtion USER Befehl 257
FUNCtion? Befehl 191
Funktion
Einschränkung des Amplitudenbereichs 65
Einschränkung des Frequenzbereichs 65
Einschränkungen der Pulsperiode 205
erlaubte Modulations-betriebsarten 191
Kompatibilität mit Modulation 64
Funktionsgenerator-Tutorial 343

G

Gated burst 365
Gateway-Adresse 150
Gaußsches Rauschen 189
Geräte-ID-String 267
Gerätespezifikationen 367
Gerätezustand
Ausschalt-Zustand zurückrufen 264
Gerätezustand abspeichern 136, 262
Namen 137
Register benennen 263
Zurückrufen des Ausschalt-Gerätezustands 136
Gerätezustände
Namen zuordnen (manuelle Bedienung) 51
speichern (manuelle Bedienung) 51
Gespeicherte Gerätezustände 136, 262
aus Speicher löschen 264
manuelle Bedienung 51
Namen 137
Namen zuordnen (manuelle Bedienung) 51
Standardnamen 263
Zurückrufen des Ausschalt-Gerätezustands 136
Gespeicherte Gerätezustände löschen 264
Gespeicherter Gerätezustand
Ausschalt-Zustand zurückrufen 264
Gestelleinbausatz 31
Gleichspannung 195
einstellen 21
Gleitkommawerte herunterladen, Arbiträrsignale 251
GPIB
Adresse 145
Adresse einrichten 53
Konfiguration 53
Schnittstelle 6
Standardadresse 53
über Frontplatte konfigurieren 53
GPIB-Adresse 273
GPIB-Konfiguration 53, 145
Grad 242
Grad (AM) 360
Graph-Modus 27
Griff
Ändern der Position 17
Griff, entfernen 31
Grundlagen der Programmierung 181
Gummistoßdämpfer, entfernen 31

H

Header, Binärblock 254
Helligkeit, Display 141
High level 197
Hintergrundbeleuchtung
  automatisch abschalten 140
Hochohmige Last 38, 72
Hop-Frequenz 42
Hop-Frequenz (FSK) 101, 224
Host-Name 151
Hub (FM) 92, 216, 360

I

ID-String 267
IEEE-488
  Adresse 53, 145
  Adresse einrichten 53
  Schnittstelle 6
  Standardadresse 53
  über Frontplatte konfigurieren 53
IEEE-488 Binärdatenblock-Format 254
IEEE-488 Service Request 284
Impedanz, Last- 38
Inbetriebnahme 13
Integer-Werte herunterladen, Arbiträrsignale 253
Integriertes Hilfe-System 29
Interne Arbiträrsignale 251
  Namen 256
Interne Fehler 139, 266
Interne Triggerung 124, 236, 244, 247
Interpolation 131
Invertiertes Signal 76
IP-Adresse 56, 148
  Punktnotation 59, 149, 274
  weitere Informationen 59, 149, 274

J

Jitter 353

K

Kalibrierung
  Befehle 294
  Fehlermeldungen 329
  Kalibrierschutz 294
  Kalibrierschutz deaktivieren 294
  Kalibrierungszähler 160, 295
  Kalibrierungszähler abfragen 295
  Meldung 161
  Setups 294
  Sicherheitscode 158
  Textmeldung speichern 295
Kalibrierzertifikat 15
Katalog
  Arbiträrsignale 258
Komma als Trennzeichen 143
Konfiguration
  Fernsteuerungsschnittstelle 53, 145
  GPIB 53, 145
  LAN 53, 145, 153
  USB 53, 54, 145
Kontextsensitive Hilfe 29
Kontrast, Display 141

L

LAN
  Adresse einrichten 54
  aktuelle Konfiguration 153
  Anschlussverwendung 277
  Auto-IP 273
  DHCP 147
  DNS-Server 152
  Domain-Name 151
  Gateway 150
  Host-Name 151
  IP-Adresse 148, 273
  Schnittstelle 6
  Schnittstellen-Befehle 273
  Sockets 277
  Subnet Mask 149
  über Frontplatte konfigurieren 54
Landessprache, Online-Hilfe 30
LAN-Konfiguration 53, 145
Last 38, 72
Lastwiderstand 38, 72, 355
LCD-Display 4
  Hintergrundbeleuchtung automatisch abschalten 140
Learn-String 269, 270
Leeres Display 140
Leerlauf 72
Letzte IP-Adresse 274
Lineare Interpolation 131
Lineare Wobbelung 235
Logarithmische Wobbelung 235
Lokale Betriebsart (LAN) 272
Low level 197
Luftstrom 31

M

MAC-Adresse 274
Manuelle Bedienung 33
Manuelle Triggerung 124
Markenfrequenz 112, 238
Markensignal 364
MARKer
  FREQuency Befehl 238
Maßeinheiten
  Spannung umrechnen 20
MAV 285
MEDiasense 274
Meldung
  Kalibrierung 161, 295

Meldungen
Fehler- 303
MEMory
NSTates? Befehl 265
STATe
DELete Befehl 264
NAME Befehl 263
RECall
AUTO Befehl 264
VALid? Befehl 265
Menüs 33
Übersicht über Softkey-Menüs 35
Message Available Bit (MAV) 285
Mittenfrequenz, Wobbelung 234
Modulation 40, 99
AM 84
Erläuterungen 359
FM 89
FSK 99
PM 94
PWM 103
Modulationseingang 88, 93, 102, 108
Modulationsgrad 40
Modulationsgrad (AM) 87, 212, 360
Modulationsgrad in Prozent (AM) 212
Modulationsquelle
AM 88
FSK 102
PM 97
PWM 108

N

Name
Arbiträrsignale 133
gespeicherte Gerätezustände 137, 263
Standard- für gespeicherte Gerätezustände 263
Namen für gespeicherte Gerätezustände vergeben
manuelle Bedienung 51
N-cycle burst 365
Nebenwellenverzerrungen 353
Negative Triggerflanke 237, 245, 248
Negativer Sägezahn 251
NETBios 275
Netzanschluss 6
Netzkabel 6
Netzschalter 15
Null-Phasen-Referenz 279
Nyquistsches Abtasttheorem 347

O

Oberer Pegel
einstellen 22
Oberwellenverzerrungen 368
Offset
einstellen 21
Offsetspannung
Einschränkung des Amplitudenbereichs 69, 186, 195
Einschränkungen bei Arbiträrsignalen 70, 186, 195
Einschränkungen durch Lastwiderstand 69, 186, 195
Online-Hilfe 29
Sprache wählen 30
Operation complete 270
OUTPut
TRIGger
SLOPe Befehl 237, 246, 249
TRIGger Befehl 237, 238, 246, 249
OUTPut Befehl 200

P

Parametertypen 299
Passwort, Kalibrierung 158
Periode
Burst-Betriebsart 119
einstellen 18
Pulssignal 80
Periode, Puls 204
PHASe
REFerence Befehl 279
UNLock
ERRor?
STATe Befehl 279
Phase (Burst) 120
PHASe Befehl 278
PHASe Befehle, Phasensperre
Phasen-Offset 155
Phase, Burst 242
Phasen-Einheiten
Burst-Phase 243
Phasenfehler 353
Phasenhub (PM) 221
Phasenmodulation
Modulationsfrequenz 221
Modulationsquelle 97, 220
Modulationssignalform 96, 220
Phasenhub 97, 221
Trägerfrequenz 95
Trägersignalform 95
Überblick 219
Phasen-Offset
Phasensperre 155
Phasensynchronisation 278

Phasen-Quantisierungsfehler 353
Phasenrauschen 353, 368
Phasensperre 155
Phasensynchronisation 278
  Fehler bei Synchronisationsverlust 279
  Phasen-Offset 278
  rückseitige Steckverbinder 278
Piepton
  aktivieren/deaktivieren 269, 270
PM 96
  DEViation Befehl 221
  INT Befehl 220
  INTernal
    FREQuency Befehl 221
    FUNCtion Befehl 220
  Modulation 94
  Modulationsfrequenz 221
  Modulationsquelle 97, 220
  Modulationssignalform 96, 220
  Phasenhub 97, 221
  SOURce Befehl 220
  STATe Befehl 222
  Trägerfrequenz 95
  Trägersignalform 95
  Überblick 219
PM-Befehle 220
Polarität 76
Polarität, Signal- 76
Polarität, Trigger- 237, 245, 248
Positive Triggerflanke 237, 245, 248
Produktabmessungen 373
Produktspezifikationen 367
Produktübersicht 2
Programmbeispiele 333
Programmierung, Grundlagen 181
Puls
  konfigurieren 26
Pulsbreite 26, 81, 82, 206
  Definition 204, 206
Pulsbreitenmodulation 103
  Abweichung des Tastverhältnisses 106, 230
  Modulationsfrequenz 228
  Modulationsquelle 108, 227
  Modulationssignalform 104, 227
  Pulsbreitenabweichung 105, 228
  Pulssignal 104
  Überblick 226
PULSe
  PERiod Befehl 204
  TRANsition Befehl 208
  WIDTh Befehl 206
Pulsperiode 204
  Einschränkungen von Funktionen 205
Pulssignal
  Erläuterungen 350
  Flankenzeit 208
  Pulsperiode 80
Punkte-Interpolation 131
Punktnotation
  und IP-Adressen 59, 149, 274
PWM 103
  Abweichung des Tastverhältnisses 106
  DEViation Befehl 228
  INTernal
    FREQuency Befehl 228
    FUNCtion Befehl 227
  Modulationsfrequenz 228
  Modulationsquelle 108, 227
  Modulationssignalform 104, 227
  Pulsbreitenabweichung 105, 228
  Pulssignal 104
  SOURce Befehl 227
  Überblick 226
PWM (Pulsbreitenmodulation)
  Abweichung des Tastverhältnisses 230
  DEViation Befehl
    DCYCle Befehl 230
  STATe Befehl 231
PWM-Befehle 227

Q

Quantisierungsfehler 353
Questionable data-Register
  Befehle 291
  Betrieb 286
  Bit-Definitionen 286

R

Range hold-Funktion 354
Rauschen 189
Rechteck
  Tastverhältnis 199
Rechtecksignal
  Erläuterungen 350
  Tastverhältnis 73
  Tastverhältnis dafür wählen 25
Referenz, Befehle 168
Referenz, extern 155, 278
Register, Status 281
Register-Diagram, Status-Register 283
Reset 39, 269
RMS (Root mean square) 357
Rückwand
  Anschlüsse 6
  Überblick 6

S
Sägezahnsignal
  Symmetrieverhältnis 74, 200
Scheitelfaktor 357
Scheitelfaktor, Arbiträrsignale 260
Schmalband-FM 360
Schnittstelle
  Web 153
Schnittstellenfehler 139, 266
Schnittstellenkonfiguration 53, 145
SCPI
  Befehlsabschlusszeichen 299
  Parametertypen 299
  Überblick über die Sprache 296
SCPI-Befehlsreferenz 165
SCPI-Statussystem 281
SCPI-Version 144, 269
Selbsttest 141, 269
  Fehlermeldungen 327
Serielle Abfrage 284
Service request- (SRQ-) Interrupt 284
Sicherheit
  Kalibrierung 158
Signal invertieren 76
Signalausgang
  aktivieren/deaktivieren 76, 200
  Anschluss 76
  Polarität 76
Signale
  Punkte-Interpolation 131
Signalpolarität 76
Signalton 140
  aktivieren/deaktivieren 269, 270
Signal-Unzulänglichkeiten 352
sin(x)/x-Signal 251
Sinc-Signal 251
Sockets
  LAN 277
Sofortige Triggerung 236, 244, 247
Softkey-Funktionsbezeichnungen 4
Software- (Bus-) Triggerung 125, 236, 244, 247
Software für PC-Anbindung 15
Software-Version 144
Spannungsbereichswahl, automatische 198, 354
Spannungseinheiten 71, 184, 203
  umrechnen 20
Speichern des aktuellen Gerätezustands
  manuelle Bedienung 51
  Namen zuordnen (manuelle Bedienung) 51
Spektrale Reinheit bei Sinus 368
Spezifikationen 367
Spitzen-Frequenzhub (FM) 92, 216
Spitzenspannung 357
Spitze-Spitze-Spannung 357
Sprache
  SCPI-Überblick 296
Sprache für Online-Hilfe 30
SRQ 284
Standard event-Register
  Befehle 292
  Betrieb 288
  Bit-Definitionen 288
Standardeinstellungen 162
Start-Frequenz, Wobbelung 233
Start-Phase, Burst 120, 242
STATus
  PRESet Befehl 293
  QUEStionable
    CONDition? Befehl 291
    ENABle Befehl 291
  QUEStionable? Befehl 291
Status byte-Register
  Befehle 290
  Betrieb 283
  Bit-Definitionen 283
Status-Register 281
  Condition-Register 281
  Enable-Register 281
  Event-Register 281
  Questionable data-Register 286
  Register-Diagramm 283
  Standard event-Register 288
  Status byte-Register 283
Statussystem 281
Steckverbinder
  „10 MHz In“ 278
  „10 MHz Out“ 278
  10 MHz In 278
  10 MHz Out 278
  Ausgang 200
  Modulationseingang 88, 93, 102, 108
  Sync-Ausgang 77, 238
  Triggerausgang 127, 237, 238, 246, 249
  Triggereingang 126
Stop-Frequenz, Wobbelung 233
Störsignale infolge von “Leakage”-Effekten 349
Stoßdämpfer, entfernen 31
Strings
  Fehler- 303
Stromschlaggefahr 6
Subnet Mask 149

SWEep
SPACing Befehl 235
STATe Befehl 235
TIME Befehl 235
Symmetrieverhältnis 74
Symmetrieverhältnis, Definition 74, 200
Sync-Anschluss 238
Sync-Signal 364
aktivieren/deaktivieren 79
für alle Ausgangsfunktionen 77
Sync-Anschluss 77
Syntax, SCPI-Befehle 168
Syntaxfehler 139, 266
SYSTem
BEEPer
STATe Befehl 269
BEEPer Befehl 269
COMMunicate
GPIB
ADDRess Befehl 273
LAN
AUTOip Befehl 273
IPADdress Befehl 273, 274
LIPaddress? Befehl 274
MAC? Befehl 274
MEDiasense Befehl 274
NETBios Befehl 275
TELNet
PROMpt Befehl 276
WMESsaget Befehl 276
ERRor? Befehl 266
LOCal Befehl 272
REMote Befehl 272
RWLock Befehl 272
VERSion? Befehl 269
SYSTem Befehl
BEEPer Befehl 270
COMMunicate
RLSTate Befehl 272
Systemfehler 139, 266

T

Tastverhältnis 73
Definition 73, 199
Einschränkung des Frequenzbereichs 66, 73, 192, 199
Einschränkungen der Modulation 199
über Frontplatte wählen 25
Tastverhältnis für Pulssignale
Definition 207
Technische Unterstützung 7
Telnet-Anzeige 276
Telnet-Nachricht 276
Terminal
10 MHz In 155
10 MHz Out 155
Test 141, 269
Textmeldung
Kalibrierung 161, 295
Ton (Pieps) 140
Torgesteuerte Burst-Betriebsart 239
Torgesteuerter Burst 115
Torsignalpolarität (Burst) 245, 248
Tragegriff
Ändern der Position 17
Tragegriff, entfernen 31
TRIGger
DELay Befehl 245
SLOPe Befehl 237, 245, 248
SOURce Befehl 236, 244, 247
Trigger
Quelle 236
TRIGger Befehl 248
Triggerausgang 127, 237, 246, 249
Anschluss Triggerausgang 238
Triggerausgangssignal 237, 238, 246, 249
Triggereingang 126
Triggerflanke 237, 245, 248
Burst 120
Triggerausgang 237
Triggereingang 237
Wobbelung 113
Triggerung
Burst 120, 122
Bus (Software) 244, 247
externe 236, 244, 247
externe Quelle 125
interne Quelle 124
manuelle 124
sofortige (interne) 236, 244, 247
Software (Bus) 236
Triggerausgang 127
Triggerausgangssignal (Burst) 122
Triggerausgangssignal (Wobbelung) 114
Triggereingang 126
Triggerquelle Software (Bus) 125
Triggerquellen 123, 236, 244, 247
Triggerverzögerung 245
Wobbelung 113, 114
Triggerung per Befehl 248
Triggerung über Fernsteuerungsschnittstelle 248
Tutorial 343

U
Über Frontplatte konfigurieren
LAN 54
Überblick
Display 4
Eingabe von Werten 5
Frontplatte 3
Menüs 35
Rückwand 6
Überblick über Frontplatte und Rückwand 2
Überhitzung 31
Überlastung, Ausgang 200
Übersetzte Online-Hilfe 30
Übersicht
Produkt 2
Übersicht über die SCPI-Befehle 168
Überspannung, externe 76
Übertemperatur 31
UNIT
ANGLe Befehl 279
Unterer Pegel
einstellen 22
Unterstützung, technische 7
Unzulänglichkeiten, Signal- 352
USB
Anschluss 6
Konfiguration 145
USB-Konfiguration 53, 54, 154

V
Version, Firmware 144
Version, SCPI 144, 269
Vertauschte Byte-Reihenfolge 255
Verzögerung
Triggerung 245
VOLTage
HIGH Befehl 197
HIGH? Befehl 197
LOW Befehl 197
LOW? Befehl 197
OFFSet Befehl 195
OFFSet? Befehl 195
RANGe
AUTO Befehl 198
AUTO? Befehl 198
UNIT Befehl 203
VOLTage Befehl 193
VOLTage? Befehl 193
vpp 71, 203
vrms 71, 203

W
Wagenrücklauf 299
Web
Schnittstelle 153
Werteeingabe 5
Widerstand, Last- 38, 355
Winkel
Burst-Phase 243
Winkel, Phase (Burst) 242
Wobbelbandbreite 234
Wobbelung 109
Charakteristiken 111
externe Triggerquelle 126
linear / logarithmisch 111, 235
manuelle Bedienung 46
Markenfrequenz 112, 238
Mittenfrequenz 110, 234
Start-Frequenz 109, 233
Stop-Frequenz 109, 233
Triggerausgang 127
Triggerausgangssignal 114
Triggerquelle 113
über Frontplatte einstellen 44
Überblick 232
Wobbelbandbreite 110, 234
Wobbelzeit 111, 235
Wobbelzyklen
Sync-Signal 110
Wobbelzyklus
Sync-Signal 109

Z
Zeilenvorschub 299
Zeit, Wobbel- 235
Zeitbasis, extern 155
Zeitbasisreferenz 155
Zeitverzögerung, Trigger 245
Zifferntastatur 5
Zifferntrennzeichen 143
Zurückrufen des Ausschalt-Gerätezustands 136, 264
Zurückrufen gespeicherter Gerätezustände 263
Zurücksetzen 39
Zyklen-Anzahl
Burst 118
Zyklenanzahl
Burst 242

Agilent Technologies

KONFORMITAETSERKLAERUNG

Gemäß ISO/IEC Guide 22 und CEN/CENELEC EN 45014

CE

Name des Herstellers:	Agilent Technologies, Inc.	Agilent Technologies (Malaysia) Sdn. Bhd.
Adresse des Herstellers:	815 14th Street SW Loveland, Colorado 80537 USA	Bayan Lepas Free Industrial Zone 11900 Penang Malaysia

Der Hersteller erklärt, dass das Produkt

Name des Produkts: 20-MHz-Funktions-/Arbiträrsignalgenerator

Modellnummer: 33220A

Produktoptionen: Diese Erklärung bezieht sich auf alle Produktoptionen des oben genannten Produkts.

den folgenden europäischen Direktiven entspricht:

Das vorliegende Produkt genügt den Anforderungen der Niederspannungsrichtlinie 73/23/EEC sowie der EMC-Richtilinie 89/336/EEC (einschließlich 93/68/EEC) und trägt demgemäß die CE-Kennzeichnung.

den folgenden europäischen Produktnormen entspricht:

EMC	**Norm**	**Beschränkungen/Grenzwerte**
	IEC 61326-1:1997+A1:1998 / EN 61326-1:1997+A1:1998	*Gruppe 1 Klasse A*
	CISPR 11:1990 / EN 55011:1991	*4kV CD, 8kV AD*
	IEC 61000-4-2:1995+A1:1998 / EN 61000-4-2:1995	*3 V/m, 80-1000 MHz*
	IEC 61000-4-3:1995 / EN 61000-4-3:1995	*0,5 kV Signalleitungen, 1kV Netzleitungen*
	IEC 61000-4-4:1995 / EN 61000-4-4:1995	*0,5 kV Ader-Ader, 1 kV Ader-Erde*
	IEC 61000-4-5:1995 / EN 61000-4-5:1995	*3 V; 0,15-80 MHz I Zyklus, 100 %*
	IEC 61000-4-6:1996 / EN 61000-4-6:1996	*Spannungseinbrüche: 30 % 10 ms; 60 % 100 ms*
	IEC 61000-4-11:1994 / EN 61000-4-11:1994	*Spannungsunterbrechung > 95 bei 5000 ms*
	Kanada: ICES-001:1998	
	Australien/Neuseeland: AS/NZS 2064.1	

Das Produkt wurde in einer typischen Konfiguration mit Agilent Technologies Testsystemen geprüft.

Sicherheit *IEC 61010-1:1990+A1:1992+A2:1995 / EN 61010-1:1993+A2:1995*
Kanada: CSA C22.2 No. 1010.1:1992
UL 3111-1: 1994

21. Februar 2003

Datum

Ray Corson
Programmmanager für Produktrichtlinien

Wenn Sie weitere Informationen wünschen, setzten Sie sich mit dem zuständigen Ansprechpartner bei der nächstgelegenen Agilent Technologies Geschäftstelle oder Distributionsniederlassung in Verbindung.

Authorisierte EU-Vertretung: Agilent Technologies Deutschland GmbH, Herrenberger Straβe 130, D-71034 Böblingen, Deutschland

Ihr Spezialist für
Mess- und Prüfgeräte

MESSBAR MEHR.
dataTec

© Copyright Agilent Technologies, Inc. 2003, 2005, 2007

Die Vervielfältigung, elektronische Speicherung, Anpassung oder Übersetzung dieses Handbuchs ist gemäß den Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes ohne vorherige schriftliche Genehmigung durch Agilent Technologies verboten.

Handbuch-Teilenummer

33220-90002, Mai 2007
(*als Handbuchsatz 33220-90100 bestellen*)

Ausgabe

4. Ausgabe, Mai 2007

Gedruckt in Malaysia

Agilent Technologies, Inc.
3501 Stevens Creek Blvd.
Santa Clara, CA 95052 USA.

Kundendienst

Für Produkte von Agilent Technologies sind Wartungsverträge und andere Kundendienstleistungen verfügbar. Nähere Informationen erhalten Sie von der nächstgelegen Vertriebs- und Service-Niederlassung von Agilent Technologies. Weitere Informationen finden Sie außerdem auf der Website **www.agilent.com/find/assist**.

Warenzeichen

Microsoft® und Windows® sind in den USA registrierte Warenzeichen der Firma Microsoft Corporation.

Bestätigung

Agilent Technologies bestätigt, daß dieses Produkt zum Zeitpunkt der Auslieferung ab Werk den veröffentlichten technischen Daten entspricht. Agilent bescheinigt weiter, daß die Kalibrierungsmessungen im United States National Institute of Standards and Technology – im Rahmen der Möglichkeiten der Kalibrierungseinrichtungen dieses Instituts – und an den Kalibrierungseinrichtungen anderer Mitglieder der International Standards Organization nachvollzogen werden können.

Gewährleistung

Agilent Technologies behält sich vor, die in diesem Handbuch enthaltenen Informationen jederzeit ohne Vorankündigung zu ändern. Agilent Technologies übernimmt keinerlei Gewährleistung für die in diesem Handbuch enthaltenen Informationen, insbesondere nicht für deren Eignung oder Tauglichkeit für einen bestimmten Zweck. Agilent Technologies übernimmt keine Haftung für Fehler, die in diesem Handbuch enthalten sind, und für zufällige Schäden oder Folgeschäden im Zusammenhang mit der Lieferung, Ingebrauchnahme oder Benutzung dieses Handbuchs. Falls zwischen Agilent und dem Benutzer eine schriftliche Vereinbarung mit abweichenden Gewährleistungsbedingungen hinsichtlich der in diesem Dokument enthaltenen Informationen existiert, so gelten diese schriftlich vereinbarten Bedingungen.

Technologielizenzen

Die in diesem Dokument beschriebene Hardware und/oder Software wird/werden unter einer Lizenz geliefert und dürfen nur entsprechend den Lizenzbedingungen genutzt oder kopiert werden.

Restricted Rights Legend

U.S. Government Restricted Rights. Software and technical data rights granted to the federal government include only those rights customarily provided to end user customers. Agilent provides this customary commercial license in Software and technical data pursuant to FAR 12.211 (Technical Data) and 12.212 (Computer Software) and, for the Department of Defense, DFARS 252.227-7015 (Technical Data - Commercial Items) and DFARS 227.7202-3 (Rights in Commercial Computer Software or Computer Software Documentation).

Sicherheitshinweise

Setzen Sie die Schutzerdung für das Netzkabel nicht außer Kraft. Schließen Sie es an eine geerdete Steckdose an.

Setzen Sie das Produkt keinesfalls auf eine vom Hersteller nicht angegebene Weise ein.

Bauen Sie keine Ersatzteile ein, und nehmen Sie keine unbefugten Änderungen an dem Gerät vor. Schicken Sie das Gerät gegebenenfalls zur Wartung oder Reparatur an ein Service-Zentrum von Agilent ein, damit die Sicherheit des Gerätes weiterhin gewährleistet ist.

WARNUNG

Ein WARNUNG-Hinweis macht auf Arbeitsweisen, Anwendungen o. ä. aufmerksam, die bei falscher Ausführung zu Personenschäden, u. U. mit Todesfolge, führen können. Wenn eine Prozedur mit dem Hinweis WARNING gekennzeichnet ist, dürfen Sie erst fortfahren, wenn Sie alle angeführten Bedingungen verstanden haben und diese erfüllt sind.

VORSICHT

Ein VORSICHT-Hinweis macht auf Arbeitsweisen, Anwendungen o. ä. aufmerksam, die bei falscher Ausführung zur Beschädigung des Produkts oder zum Verlust wichtiger Daten führen können. Wenn eine Prozedur mit dem Hinweis VORSICHT gekennzeichnet ist, dürfen Sie erst fortfahren, wenn Sie alle angeführten Bedingungen verstanden haben und diese erfüllt sind.

Symbole

Schutzerde

Gehäusemasse

Stromschlaggefahr

WARNUNG

Das Produkt vom Netz nehmen: Ziehen Sie das Netzkabel des Produkts aus der Netzsteckdose, bevor Sie es warten. Das Gerät darf nur von qualifizierten Service-Technikern geöffnet werden.

Zur Vermeidung von Brandgefahr darf die Netzsicherung nur durch eine Sicherung gleichen Typs, gleichen Nennstroms und gleicher Abschaltcharakteristik ersetzt werden.

VORSICHT

Das zulässige Floating für die Abschlussabschirmungen **Output**, **Sync** und **Modulation In** liegt bei **±** 42 V (Spitze), relativ zur Erdung. Allerdings sind diese Abschirmungen durch einen internen Kreislauf miteinander verbunden.Der Versuch, unterschiedliche Potenziale zu verwenden, kann eine hohe Stromstärke zur Folge haben, die das Gerät beschädigen kann.

dataTec GmbH · Ferdinand-Lassalle-Str. 52 · 72770 Reutlingen · Telefon 07121 / 51 50 50 · Telefax 07121 / 51 50 10 · info@datatec.de · www.datatec.de